

ESTUDIO VALORATIVO DEL ESTADO DE AISLAMIENTO EN LOS MOTORES
ELÉCTRICOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN LA EMPRESA VOPAK

DARWIN MURILLO NISPERUZA

UNIVERSIDAD DE LA COSTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA
2012

ESTUDIO VALORATIVO DEL ESTADO DE AISLAMIENTO EN LOS MOTORES
ELÉCTRICOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN LA EMPRESA VOPAK

DARWIN MURILLO NISPERUZA

Trabajo de grado para aspirar al título de
Ingeniero eléctrico

ASESOR: Ing. Jorge Iván Silva

UNIVERSIDAD DE LA COSTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA
2012

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Ana.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Wilson.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A mi novia Nazly

Por su constante apoyo y constancia en la consecución de este gran logro en mi vida, te amo.

A mis maestros.

Ing. Jorge Silva por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; a los Ing. Jorge Balaguera, Carlos Suarez, Neder pupo, Roselis Gómez, gracias por su apoyo por su colaboración y dedicación para conmigo.

A todas las personas que de una u otra forma fueron parte de este proceso de formación y aprendizaje en mi vida, gracias por toda su colaboración.

AGRADECIMIENTOS

A todas y cada una de las personas que hicieron de este proyecto una realidad, que con su apoyo, amistad y enseñanzas lograron que fuese una realidad la realización de este nuevo logro en mi vida, como para mencionar algunos de ese gran grupo: Ing. Roselis Gómez, mi amigo Ricardo Rodríguez, Mi gran amiga Karen Ayala, Ing. Félix Vargas, que tanto apoyo me brindo.

En especial agradezco a mis padres por tanto apoyo que me regalaron día a día para sacar este logro adelante.

A mi prometida que tantas noches estuvo conmigo en la realización de este proyecto.

A todas y cada una de las personas que de una forma u otra hicieron parte de este gran proyecto gracias mil gracias por su apoyo y colaboración hacia mí.

**CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO**

Barranquilla, 12/08/2012

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☐

Yo **Darwin Murillo Nisperuza**, identificado con C.C. No. **1042433890**, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado **ESTUDIO VALORATIVO DEL ESTADO DE AISLAMIENTO EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA VOPAK** presentado y aprobado en el año **2012** como requisito para optar al título de **Ingeniero eléctrico**;

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

El AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 14 días del mes de Agosto de Dos Mil doce

EL AUTOR - ESTUDIANTE. _____

FIRMA

FORMULARIO DE LA DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO: **ESTUDIO VALORATIVO DEL ESTADO DE AISLAMIENTO EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA VOPAK**

AUTOR AUTORES

Apellidos Completos	Nombres Completos
Murillo Nisperuza	Darwin

DIRECTOR (ES)

Apellidos Completos	Nombres Completos
Silva	Jorge Iván

JURADO (S)

Apellidos Completos	Nombres Completos

ASESOR (ES) O CODIRECTOR

Apellidos Completos	Nombres Completos

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Eléctrico

FACULTAD: Facultad de ingeniería

PROGRAMA: Pregrado ☒ Especialización ☐

NOMBRE DEL PROGRAMA: Ingeniería eléctrica

CIUDAD: Barranquilla AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO: 2012

NÚMERO DE PÁGINAS: 98

TIPO DE ILUSTRACIONES:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ilustraciones | <input type="checkbox"/> Planos |
| <input type="checkbox"/> Láminas | <input type="checkbox"/> Mapas |
| <input type="checkbox"/> Retratos | <input type="checkbox"/> Fotografías |
| <input type="checkbox"/> Tablas, gráficos y diagramas | |

MATERIAL ANEXO (Vídeo, audio, multimedia o producción electrónica):

Duración del audiovisual: _____ minutos.

Número de casetes de vídeo: _____ Formato: VHS _____ Beta Max _____ $\frac{3}{4}$ _____ Beta Cam _____

Mini DV _____ DV Cam _____ DVC Pro _____ Vídeo 8 _____ Hi 8 _____

Otro. Cuál? _____

Sistema: Americano NTSC _____ Europeo PAL _____ SECAM _____

Número de casetes de audio: _____

Número de archivos dentro del DVD (En caso de incluirse un DVD diferente al trabajo de grado):

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS: Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Unidad de Procesos Técnicos de la Unidad de información en el correo biblioteca@cuc.edu.co, donde se les orientará).

ESPAÑOL

INGLÉS

_____	_____
_____	_____
_____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL:(Máximo 250 palabras-1530 caracteres):

Los motores eléctrico son parte fundamental de la industria, de igual forma son esenciales los programas de mantenimiento para ellos, tomando como base esto se realizo un estudio, practico, para determinar el estado del sistema de aislamiento de los motores de una industria e implementar las bases para la formulación de un sistema de mantenimiento preventivo.

Para la realización de este estudio se tuvieron en cuenta cada uno de los fundamentos de los sistemas de aislamiento así como las normativas que rigen las medidas a realizar en estas pruebas. De igual forma se enfatizo en cada uno de los pasos para la correcta implementación del sistema de mantenimiento preventivo.

La realización de pruebas en campo a cada uno de los motores de dicha empresa, sería el punto de partida para cada uno de los estudios a realizar, de estas pruebas se pudo concluir que muchas de las condiciones de los sistemas de aislamiento de los motores se encontraba en mal estado lo que estaba provocando paradas inesperadas dentro de las operaciones de la planta, de igual forma se encontró que no existía ningún control para evitar este tipo de paradas inesperadas.

RESUMEN DEL CONTENIDO EN INGLES :(Máximo 250 palabras-1530 caracteres):

Electric motors are an essential part of the industry, just as essential maintenance programs for them, based on this study was conducted, practical, to determine the status of the insulation system of motors and implement an industry basis for developing a preventive maintenance system.

For this study took into account each of fundamentals of insulation systems and regulations governing the measures to be performed in these tests. Similarly emphasized in each of the steps for successful implementation of preventive maintenance system.

The field testing of each of the engines of the company, would be the starting point for each of the studies to be performed, these tests it was concluded that many of the conditions of the insulation system of motors in poor condition that was causing unexpected downtime in plant operations, just as it was found that there was no control to prevent such downtimes.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN-----	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA-----	19
OBJETIVOS -----	20
OBJETIVO GENERAL -----	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	20
DELIMITACIÓN DEL PROYECTO-----	21
ALCANCES -----	21
LIMITACIONES -----	21
JUSTIFICACIÓN-----	22
1. MARCO TEÓRICO -----	23
1.1 DEFINICIONES GENERALES-----	23
1.1.1 Aislamiento eléctrico -----	23
1.1.2 Materiales aislantes generalidades-----	23
1.1.3 Resistencia de aislación (Ra) -----	23
1.1.4 Relación de absorción dieléctrica (DAR)-----	23
1.1.5 Índice de polarización (IP) -----	24
1.1.6 Capacitancia de carga -----	24
1.1.7 Valores de la tensión continua de ensayo -----	24
1.1.8 Seguridad de las pruebas -----	24
1.1.9 Equipos de medida -----	25
1.1.9.1 Medidor de aislamiento FLUKE 1550 B -----	25

1.1.10 Mantenimiento -----	26
1.1.11 Mantenimiento preventivo-----	26
1.2 REGLAMENTACIÓN -----	26
1.2.1 Norma IEEE 43-2000 -----	26
1.2.2 Norma IEEE 95-2002 -----	27
1.2.3 Norma DIN VDE 0100 -----	27
1.2.4 Norma ASTM D1711 - 11 ^a -----	27
1.3 ENSAYOS DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO-----	27
1.3.1 Ensayos en corriente continua -----	27
1.3.1.1 Resistencia de aislamiento -----	28
1.3.1.2 Índices de polarización -----	30
1.3.1.3 Corriente de absorción y reabsorción -----	32
1.3.1.4 Prueba de saltos de tensión -----	33
1.3.2 Ensayos en corriente alterna -----	33
1.3.2.1 Tangente de delta -----	34
1.3.2.2 Incremento de la tangente y capacidad con la tensión aplicada --	34
1.3.2.3 Factor de potencia -----	35
1.3.2.4 Ensayo de capacidad -----	35
1.4 FACTORES DE DEGRADACIÓN DEL AISLAMIENTO ELÉCTRICO -----	36
1.4.1 Sistemas de degradación del aislamiento eléctrico -----	36
1.4.1.1 Envejecimiento mecánico (EM) -----	36
1.4.1.2 Envejecimiento térmico (ET)-----	37
1.4.1.3 Aislamiento A Tierra – Groundwall-----	38

1.4.1.4	Envejecimiento Térmico - Mecanismo Cíclico (Et)	38
1.4.1.5	Envejecimiento eléctrico (EE)	39
1.4.1.6	Descargas internas	39
1.4.1.7	Descargas superficiales	40
1.4.1.8	Coronas	40
1.4.1.9	Envejecimiento ambiental (EA)	41
2.	MÉTODO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	42
2.1	MEDICIÓN ÚNICA.	45
2.2	ENSAYO DE ABSORCIÓN DIELECTRICA E ÍNDICE DE POLARIZACIÓN.	46
2.3	ENSAYOS CON SALTOS DE TENSIÓN.	48
3.	MANTENIMIENTO	49
3.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	49
3.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BOMBAS	50
3.2.1	Contaminación	50
3.2.2	Lubricación Incorrecta	50
3.2.3	Desalineación	51
3.3	FORMULACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	51
3.3.1	Visitas o inspecciones	51
3.3.2	Revisiones o ajustes	51
3.3.3	Lubricación	51
3.3.4	Limpieza	52
4.	RESULTADOS DE LAS MEDICIONES	53

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	60
5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE LA PLANTA.....	60
5.1.1 Área de desembarco.....	60
5.1.2 Área de almacenamiento	60
5.1.3 Área de llenado.....	60
5.1.4 Área de calentamiento.....	60
5.1.5 Área de pesaje y despacho	60
5.2 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA.....	60
5.2.1 Equipos críticos.....	61
5.2.2 Equipos secundarios.....	61
5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN VOPAK.....	61
5.3.1 Área de desembarco.....	62
5.3.2 Área de almacenamiento	62
5.3.3 Área de llenado.....	63
5.3.4 Área de calentamiento.....	63
5.3.5 Área de pesaje y despacho	63
5.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO EN VOPAK	64
5.4.1 Área de desembarco.....	64
5.4.1.1 Bomba de desembarco (Muelle)	64
5.4.1.2 Llaves de paso	64
5.4.1.3 Tuberías	65
5.4.2 Área de almacenamiento	65

5.4.2.1 tanques de almacenamiento -----	65
5.4.2.2 Llaves de paso -----	66
5.4.2.3 Tuberías -----	66
5.4.2.4 Manómetros -----	66
5.4.2.5 Bombas de llenado y recirculación -----	66
5.4.3 Área de llenado-----	67
5.4.3.1 Scullins-----	68
5.4.3.1 Bahías de despacho -----	68
5.4.4 Área de calentamiento-----	69
5.4.5 Área de pesaje y despacho -----	69
5.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE MANTENIMIENTO -----	70
5.6 FICHAS DE CONTROL-----	70
5.6.1 Para un equipo -----	71
5.6.2 Para una orden de trabajo-----	71
5.6.3 Para una inspección -----	71
5.6.4 Para un control de órdenes de trabajo -----	71
5.6.5 Para un historial del equipo -----	72
5.7 SEGUIMIENTO -----	72
CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES -----	74
BIBLIOGRAFÍA -----	75
ANEXOS-----	77

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>FIGURA. 1 MEDIDOR DE AISLAMIENTO.....</i>	<i>25</i>
<i>FIGURA. 2 ENSAYO DE AISLAMIENTO</i>	<i>29</i>
<i>FIGURA. 3 CURVA TÍPICA DE IP.....</i>	<i>31</i>
<i>FIGURA. 4 CURVA DE PRUEBA TANGENTE DELTA.....</i>	<i>34</i>
<i>FIGURA. 5 EFECTOS DEL DETERIORO TÉRMICO.....</i>	<i>37</i>
<i>FIGURA. 6 DETERIORO TÉRMICO CÍCLICO.....</i>	<i>39</i>
<i>FIGURA. 7 CURVA DE PASCHEN.....</i>	<i>40</i>
<i>FIGURA. 8 FORMA CORRECTA DE MEDIR AISLAMIENTO EN UN MOTOR.....</i>	<i>43</i>
<i>FIGURA. 9 FORMA CORRECTA DE MEDIR AISLAMIENTO EN UN CONDUCTOR</i>	<i>43</i>
<i>FIGURA. 10 FORMA CORRECTA DE MEDIR AISLAMIENTO EN UN TRANSFORMADOR.....</i>	<i>43</i>
<i>FIGURA. 11 FRAGMENTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO.....</i>	<i>44</i>
<i>FIGURA. 12 COMPORTAMIENTO DE MEDIDAS ÚNICAS DE MOTORES EN VARIOS MESES</i>	<i>46</i>
<i>FIGURA. 13 COMPORTAMIENTO DE MEDIDAS DE ADSORCIÓN DIELECTRICA</i>	<i>47</i>
<i>FIGURA. 14 COMPORTAMIENTO DE MEDIDAS DE ÍNDICE DE POLARIZACIÓN.....</i>	<i>48</i>
<i>FIGURA. 15 COMPORTAMIENTO DE MEDIDAS DE SALTO DE TENSIÓN.....</i>	<i>48</i>
<i>FIGURA. 16 BOMBA ALMACÉN DE MANTENIMIENTO.....</i>	<i>56</i>
<i>FIGURA. 17 PIC DE BOMBAS DE BAHÍA 5.....</i>	<i>56</i>
<i>FIGURA. 18 BOMBA DE LLENADO DE ETANOL</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA. 19 BOMBA 22 PIC DE BOMBAS BAHÍA 5.</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA. 20 PIC DE BOMBAS BAHÍA 5.</i>	<i>58</i>
<i>FIGURA. 21 BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE PRODUCTO</i>	<i>58</i>
<i>FIGURA. 22 BOMBA DESCARGADERO 7.....</i>	<i>59</i>
<i>FIGURA. 23 ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO.....</i>	<i>70</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1 TABLA 1: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY. "STD 43-2000.....</i>	<i>24</i>
<i>TABLA 2 IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY. "STD 43-2000.....</i>	<i>26</i>
<i>TABLA 3 IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY. "STD 43-2000</i>	<i>27</i>
<i>TABLA 4 VALORES DEL ÍNDICE DE POLARIZACIÓN Y DIAGNOSTICO DE AISLAMIENTO.....</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 5 ESTADO DEL AGLOMERANTE DEL AISLAMIENTO</i>	<i>33</i>
<i>TABLA 6 RESULTADOS FINALES DE MEDIDAS.</i>	<i>53</i>
<i>TABLA 7 RESULTADOS FINALES DE MEDIDAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.....</i>	<i>55</i>
<i>TABLA 8 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE DESEMBARCO</i>	<i>65</i>
<i>TABLA 9 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO.....</i>	<i>67</i>
<i>TABLA 10 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE LLENADO</i>	<i>68</i>
<i>TABLA 11 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE CALENTAMIENTO</i>	<i>69</i>
<i>TABLA 12 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE DESPACHO Y PESAJE.....</i>	<i>70</i>
<i>TABLA 13 DESIGNACIÓN DE MOTORES.....</i>	<i>82</i>

INTRODUCCIÓN

Este estudio valorativo del aislamiento eléctrico busca determinar el grado de deterioro de los bobinados y carcasas en los motores de la terminal de Cartagena de Vopak, basándose en esta información se determinara un punto de partida para la implementación de los programas de mantenimiento preventivo con el fin de alcanzar un alto grado de rendimiento en el terminal. Para este estudio se enfatizara en los sistemas de aislamiento que conforman una maquina eléctrica, de igual manera se estudiaran las normas que reglamentan los ensayos de aislamiento, en corriente continua (CC) y corriente alterna (CA). Se tomaran como bases para este estudio la normativa de la IEEE 43-2000, la cual reglamenta toda la parte de mediciones e interpretaciones de los sistemas de aislamiento eléctrico.

Dentro del ámbito industrial colombiano las empresas del sector portuario se caracterizan por ser empresas que manejan el cargue y descargue de productos terminados, materias primas y productos en proceso de producción. Visto desde esta perspectiva su proceso los somete a un estricto control sobre sus equipos de trabajo. En un terminal portuario de almacenamiento de productos químicos se encuentran equipos eléctricos que requieren de un servicio de mantenimiento y supervisión continua de los componentes eléctricos.

Dentro de los criterios de seguridad que exigen las normativas eléctricas nacionales como la NTC y las internacionales como la IEC e IEEE se encuentran los parámetros de seguridad que deben tener en empresas con atmosferas explosivas, uno de esos parámetros son las condiciones de aislamiento eléctrico con la que deben contar los motores y equipos que pertenezcan al proceso productivo sean de orden eléctrico o mecánico. En pleno conocimiento de lo anteriormente expuesto se debe contar con un sistema de mantenimiento que prevenga estas posibles fallas. Es de esta forma como se plantea la realización del presente documento al interior de Vopak una empresa dedicada a servicios portuarios de almacenamiento de productos químicos de alta inflamación.

Para una mejor comprensión del siguiente documento, este se ha dividido en cuatro capítulos; el primer capítulo, hace referencia a la parte conceptual del proyecto, todo lo que nos da especificaciones de los sistemas de aislamiento y los conceptos básicos; el segundo capítulo, contiene toda la información concerniente a las metodologías de medición de los sistemas de aislamiento eléctrico en corriente continua y corriente alterna; el tercer capítulo, muestra toda la parte de

mantenimiento en la industria; por ultimo encontramos el capitulo concerniente a los resultados e implantación del modelo de mantenimiento eléctrico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aislamiento eléctrico se degrada con el tiempo debido a las distintas fatigas que se le imponen durante su vida normal de trabajo.

Ing. Alberto Mikalaiunas

El aislamiento eléctrico se ha convertido en un factor importante de los sistemas de mantenimiento en las industrias hoy en día, debido a los resultados que estas pruebas pueden arrojar del estado de un motor, un conductor o cualquier equipo que se le realice la prueba. Este factor se ve desgastado en el día a día de trabajo de los equipos debido a cada uno de los factores que lo pueden deteriorar.

En Vopak se presenta un problema y son las constantes paradas de planta, las cuales se dan a causa de fallas en los motores eléctricos que mueven el 90% de la planta productiva, además de esto se suma el mal estado en el que se encuentra su infraestructura debido a la falta de mantenimiento preventivo. Este problema a bajado la producción de despacho del 10% con referencia los tres años anteriores, de igual forma los recibos de producto en los muelles se ha visto reducida en el presente año.

Desde este punto de vista ¿se puede valorar el estado del aislamiento eléctrico de los motores de Vopak?, ¿ayudara un programa de mantenimiento preventivo a mejorar las condiciones de funcionamiento de los equipos de Vopak?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el nivel de aislamiento de los motores eléctricos de la empresa VOPAK Colombia en la terminal de la ciudad de Cartagena e implementar un plan de mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Desarrollar una herramienta basada en la norma IEEE 43.2000 que permita la valoración del aislamiento eléctrico de los motores.
- II. Evaluar el nivel de aislamiento en los motores del terminal de VOPAK Cartagena, de acuerdo a los estatutos de la norma IEEE 43-2000.
- III. Diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo para la terminal de VOPAK Cartagena.

DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

ALCANCES

Con la ejecución de este estudio se beneficiará el complejo industrial y portuario de VOPAK ubicado en el municipio de Cartagena de indias-Bolívar, de igual forma se conocerá y describirá la problemática relacionada al tema, identificando las acciones que se está realizando en la empresa para la solución de este problema y se harán las recomendaciones necesarias, encaminadas a solucionar o minimizar la problemática de forma integral entre los actores.

LIMITACIONES

Todo proyecto está sujeto a limitantes u obstáculos que se dan más que todo en la fase de campo, una de las limitantes en este estudio es la falta de datos históricos de mediciones en los motores eléctricos, lo que impide realizar una comparación del deterioro de los bobinados.

JUSTIFICACIÓN

El estudio del aislamiento eléctrico es un tema de vital importancia en el ámbito del mantenimiento eléctrico dentro de las industrias, al cual poca atención le es dada por parte de los ingenieros eléctricos encargados de mantenimiento, este fenómeno se presenta por la poca profundidad que se realiza al interior de las universidades en el tema.

En la CUC este trabajo puede ser el comienzo de nuevos estudios que conlleven a ramas de investigación a profundizar en el área de mantenimiento preventivo.

Una gran utilidad de este estudio puede ser la de reformar el tema de aislamiento eléctrico en líneas de sistemas de potencia, o la inclusión de estudios de aislamientos en la asignatura de mantenimiento industrial, que incluyan practicas de aislamiento en los laboratorios.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 DEFINICIONES GENERALES

Para el estudio de los sistemas de aislamiento eléctrico en cualquier área que lo requiera, se debe tener previo conocimiento de los conceptos básicos que definen el aislamiento eléctrico. A continuación se exponen algunos de los términos más relevantes para el estudio de este tema.

1.1.1 Aislamiento eléctrico

Un sistema de aislamiento eléctrico se puede comparar claramente con una tubería de agua potable en el cual la presión que le da la bomba de agua, ocasiona un flujo de agua a lo largo de la tubería, y si ésta tuviese una fuga se perdería tanto líquido como presión. Aplicando la Ley de Ohm, en electricidad, la tensión es similar a la presión que la bomba ejerce en la tubería. La tensión hace que la corriente fluya a lo largo de los conductores de cobre. Al igual que la tubería de agua ejerce una cierta resistencia al flujo, el aislamiento ejerce esta resistencia, pero ésta es mucho menor a lo largo del conductor. [2]

1.1.2 Materiales aislantes generalidades

Un aislante eléctrico es toda sustancia de muy baja conductividad eléctrica en la que el paso de la corriente a través de ella puede ser despreciado [2], un dieléctrico no conduce la corriente eléctrica, pero en su interior puede existir un campo eléctrico que no es nulo. Su principal función es que permiten aislar eléctricamente los conductores entre sí y estos respecto a tierra además modifican, en gran proporción, el campo eléctrico que los atraviesa.

1.1.3 Resistencia de aislación (R_a)

Es la resistencia de óhmica que presenta cualquier equipo o conductor al aplicarle una tensión de ensayo “E” constante y continúa hasta estabilizarse en un tiempo “T”. [3]

1.1.4 Relación de absorción dieléctrica (DAR)

Es la relación que existe entre la resistencia de aislación a los 60seg y 30seg aplicando una tensión de prueba “E” constante [3] y se relaciona de la siguiente forma:

$$DAR = \frac{RA_{60seg}}{RA_{30seg}}$$

1.1.5 Índice de polarización (IP)

Es la relación que existe entre la resistencia de aislación a los 600seg y a 60seg aplicando una tensión de prueba “E” constante [3] y se relaciona de la siguiente manera:

$$IP = \frac{RA_{10min}}{RA_{1min}}$$

1.1.6 Capacitancia de carga

La capacitancia presenta la disposición geométrica de las partes conductoras o electrodos, entre los cuales se encuentra la aislación a evaluar, cuando estas partes se encuentran en el vacío. [3]

1.1.7 Valores de la tensión continua de ensayo

De no ser porque la norma a la que se refiera la aplicación de la medida indique lo contrario, se debe tener en cuenta la tabla 1 como referencia para la aplicación de tensión continua en la prueba.

Tabla 1 *Tabla 1: IEEE Power Engineering Society. “Std 43-2000: Recommended practice of testing insulation resistance of rotating machinery”. IEEE Press, New York, 2000, pp. 7.*

Voltaje de operación (V)	Voltaje de prueba (VDC)
<1000	500
1000 a 2500	500 a 1000
2501 a 5000	1000 a 2500
5001 a 12000	2500 a 5000
>12000	5000 a 10000

1.1.8 Seguridad de las pruebas

Para la realización de las pruebas se debe tener presentes las consideraciones de la IEEE 43-2000 resaltando:

- No es seguro comenzar la prueba hasta que la descarga de corriente y el retorno de voltaje sean insignificantes.
- Verificar que el retorno de voltaje debe ser menor a 20v después de que la tierra es removida.

- El probador MCE (Evaluación del circuito del Motor) prueba este voltaje antes de continuar con la prueba.
- Al iniciar la prueba, se necesita que el voltaje entre línea y neutro sea menor a 15v.

Si estas condiciones no se cumple no se recomienda aplicar la prueba, una vez la prueba haya finalizado se recomienda descargar el equipo medido con respecto a la línea de tierra.

1.1.9 Equipos de medida

Los siguientes equipos fueron los utilizados para las pruebas de aislamiento en Vopak, esto no sujeta las mediciones aislamiento solo a estos instrumentos ya que en el mercado se pueden conseguir de diferentes marcas y modelos.

1.1.9.1 Medidor de aislamiento FLUKE 1550 B

El medidor de aislamiento es un equipo comprobador de aislamiento de alta tensión que cuenta con las siguientes características:

- Cinco valores de tensión de comprobación pre configurados: 250 V, 500 V, 1000 V, 2500 V y 5000 V.
- Medición de resistencia: 0 Ω a 1 T Ω .
- Medición de índice de polarización (IP).
- Medición de índice de absorción dieléctrica (DAR).
- Indicación de tensión de ruptura.



Figura. 1 Medidor de aislamiento.

1.1.10 Mantenimiento

Es una función industrial que consiste en un conjunto de actividades técnico administrativas, con el objetivo de conservar en óptimas condiciones el funcionamiento de la maquinaria y el equipo de una empresa industrial. [23]

1.1.11 Mantenimiento preventivo

Consiste en programar inspecciones o reparaciones en la maquinaria o equipo, con el objetivo de evitar las averías o las paradas repentinas en la producción. [24]

1.2 REGLAMENTACIÓN

Para el análisis de las medidas tomadas en VOPAK COLOMBIA S.A. el análisis de las medidas de aislamientos de los motores se reglamenta bajo la norma IEEE 43-2000 (IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery), de igual forma nos apoyamos en el NTC 2050 en la clasificación de áreas especiales capítulo 5 sección 500.

1.2.1 Norma IEEE 43-2000

La norma referida da conocer las directrices de trabajo al momento de realizar las pruebas de aislamiento e interpretar los resultados de los valores obtenidos en las pruebas de aislamiento, índice de polaridad (IP) e índice de adsorción dieléctrica (DAR), esta norma se complementa con la norma IEEE 95-2002 que se refiere a los ensayos de alta tensión en maquinas nuevas y usadas.

Los valores mínimos de referencia de aislamiento que la norma IEEE 43-2000 relaciona son los mostrados en la tabla 2, y los de índice de polarización se relacionan en la tabla 3. De igual forma los niveles recomendados de tensión continua aplicada en la prueba son los relacionamos en la tabla 1.

Tabla 2 IEEE Power Engineering Society. “Std 43-2000: Recommended practice of testing insulation resistance of rotating machinery”. IEEE Press, New York, 2000

Resistencia de aislación mínima	Maquina bajo ensayo
$R1 \text{ min} = KV+1$	Bobinados fabricados antes de 1970, bobinados de campo y otros
$R1 \text{ min} = 100$	Bobinados posteriores de 1970
$R1 \text{ min} = 5$	Bobinados de tensión nominal inferior a 1KV

Tabla 3 IEEE Power Engineering Society. “Std 43-2000: Recommended practice of testing insulation resistance of rotating machinery”. IEEE Press, New York, 2000

Tipo de aislamiento	IP mínimo
Clase A	1.5
Clase B	2.0
Clase F	2.0
Clase H	2.0

1.2.2 Norma IEEE 95-2002

La norma IEEE 95-2002 describe el método de ensayo de alta tensión y sugiere tensiones de prueba para el mismo. Este ensayo permite detectar problemas importantes que probablemente causen una falla en servicio. La versión anterior de la IEEE 95 fue publicada en 1977. La mayor diferencia entre un ensayo de alterna y uno de continua es la tensión aplicada y la distribución de tensiones en el aislamiento.

1.2.3 Norma DIN VDE 0100

La norma DIN VDE 0100 en el apartado 610 establece que estas pruebas no sólo abarcan las diferentes mediciones para comprobar el funcionamiento de las medidas de protección y la conexión equipotencial, sino que también son válidas para comprobar la resistencia de aislamiento eléctrico.

1.2.4 Norma ASTM D1711 - 11^a

En esta normativa se reglamenta toda la terminología en relación a las pruebas y resultados de mediciones de aislamiento eléctrico.

1.3 ENSAYOS DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

Dentro de las mediciones de sistemas eléctricos en el ámbito del aislamiento, se encuentran diferentes técnicas y tipos de medidas, las cuales se definen en este capítulo, todos estos ensayos son avalados por la IEEE 43-2000 para la determinación del aislamiento eléctrico de las máquinas rotativas (motores y generadores).

1.3.1 Ensayos en corriente continua

Los ensayos de corriente continua se basan en las propiedades que en cada caso tienen las componentes de la corriente que circula a través del dieléctrico, la

variación de los resultados conforme se modifica el valor de la tensión aplicada. Se realizan generalmente aplicando un pulso de tensión que se mantiene durante un tiempo determinado, entre uno o todos los terminales del motor y masa o entre terminales midiendo de forma precisa la corriente que circula.[4]

1.3.1.1 Resistencia de aislamiento

Este método consiste en medir o calcular el valor de la resistencia de aislamiento a una tensión determinada. Es de vital importancia que las tensiones aplicadas no sean demasiado elevadas ya que provocaría esfuerzos en el sistema aislante.

El método de resistencia de aislamiento se realiza transcurridos 30 0 60 segundos después de aplicada la tensión continua, se utilizan mas en 60 segundos. Los resultados que arroja este ensayo se toman para determinar el estado del aislamiento en cuanto a la contaminación superficial (humedad y suciedad). [3] El valor de la resistencia de aislamiento depende de la humedad, especialmente en aislamientos antiguos con características higroscópicas, en las que la humedad puede pasar desde la superficie del aislante a su interior, provocando un aumento de la corriente de conducción disminuyendo significativamente el valor de la resistencia. Las medidas de aislamiento deben realizarse siempre por encima del punto de rocío.

El valor de la resistencia también es muy dependiente de la temperatura que al contrario de los conductores, que al aumento de la temperatura provoca el incremento de resistividad, en los aislantes al aumento de temperatura se incrementa la energía térmica, se liberan cargas que reducen su resistividad. [3] Esta variación de la temperatura afecta a todas las componentes de la corriente, excepto la corriente capacitiva. Las pruebas de aislamiento se realizan a temperaturas ambiente en el rango de 30° lo que nos dice que si la temperatura es menor a 20° se calcula un factor de corrección para distintas épocas del año, de igual forma si sube la temperatura a mas de 40° también se debe realizar el factor de corrección.[5]

$$R_x = K_t R_t$$

R_t = valor de la resistencia medida a t °C

K_t = factor de corrección de temperatura

R_x = resistencia normalizada a X °C (normalmente 20° o 40°C)

El factor de corrección de temperatura debe obtenerse empíricamente para cada tipo de aislamiento, tomando medidas a distintas temperaturas y calculando el factor de proporcionalidad. Un valor aproximado de este factor puede obtenerse mediante la siguiente ecuación empírica:

$$K_x = 0.5^{\frac{x-t}{10}}$$

Donde X =20, 40... según sea el valor de la temperatura de normalización.

La resistencia de aislamiento, a su vez, es inversamente proporcional al volumen de aislamiento ensayo.



Figura. 2 Ensayo de aislamiento.

La interpretación de los resultados obtenidos en la medida de la resistencia de aislamiento es compleja, particularmente si no se dispone de medidas previas que permitan analizar la tendencia de este valor o de máquinas similares que facilita la comparación. La IEEE std 43-2000 establece unos valores mínimos para la resistencia de aislamiento medidos a 1 minuto después de aplicar la tensión de prueba corregidos a 40°C.

Los valores proporcionados en la siguiente tabla corresponden a ensayos realizados sobre todas las fases de la máquina frente a masa. Estos valores deben multiplicarse por dos si el ensayo corresponde a la resistencia de aislamiento de una fase contra las otras dos o por tres si se realiza de una única fase contra masa, si se trata de máquinas trifásicas. [5]

1.3.1.2 índices de polarización

Se define el índice de polarización (IP) como la relación entre la resistencia de aislamiento medida a 1 minuto y a 10 minutos después de aplicada la tensión continua de prueba [3]

$$IP = \frac{R_{1min}}{R_{10min}} = \frac{I_{10min}}{I_{1min}} \approx \frac{I_{cond} + I_{ads}}{I_{cond}} = 1 + \frac{I_{abs}}{I_{cond}}$$

El índice de polarización es un valor que informa sobre el estado de humedad y limpieza de la maquina, basado en la suposición de que transcurrido un cierto tiempo desde el comienzo del ensayo, la corriente de absorción se habrá anulado. Un valor bajo de índice de polarización nos indicara que existe una corriente alta de conducción o de fugas, originada por suciedad y humedad. [8]

En sistemas aislantes modernos, la corriente de absorción puede hacerse próxima a cero en dos o tres minutos desde el comienzo del ensayo. Así, se utiliza en estos casos una variante del índice de polarización que calcula la relación entre las resistencias de aislamiento a 1 minuto y 30 segundos, después de iniciado el ensayo. Este valor es denominado “índice de absorción” (IA).

Los valores del índice de polarización están muy poco afectados por la temperatura, por lo que salvo en condiciones en que la prueba se haya realizado a elevada temperatura no se necesitan corrección. Asimismo, en este sentido, debemos considerar que no se produce un cambio de temperatura importante durante el tiempo en que dura el ensayo, los valores que evalúan una prueba de adsorción dieléctrica los encontramos reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 4 Valores del índice de polarización y diagnostico de aislamiento

Estado del aislamiento	Índice de polarización	Índice de absorción
Mal estado	$IP < 1$	-
Cuestionable	$1 \leq IP < 2$	$1 < IA < 1.25$
Aceptable		$1.25 \leq IA < 1.4$
Bueno	$2 \leq IP < 4$	$1.4 \leq IA < 1.6$
Muy bueno	$4 \leq IP$	$1.6 \leq IA$

El índice de polarización de un aislamiento es un valor adimensional que va a permitir hacer comparaciones sobre el estado del aislamiento de máquinas de distintas características (tamaño, potencias, tensiones). La norma CEI 60085.07 indica que, para aislamiento de clase B, F o H, este valor debe ser superior a 2. No obstante, existen recomendaciones por parte de fabricantes de equipos de medida y usuarios que proporcionan una información más cualitativa a partir del valor obtenido del índice de polarización y de absorción.

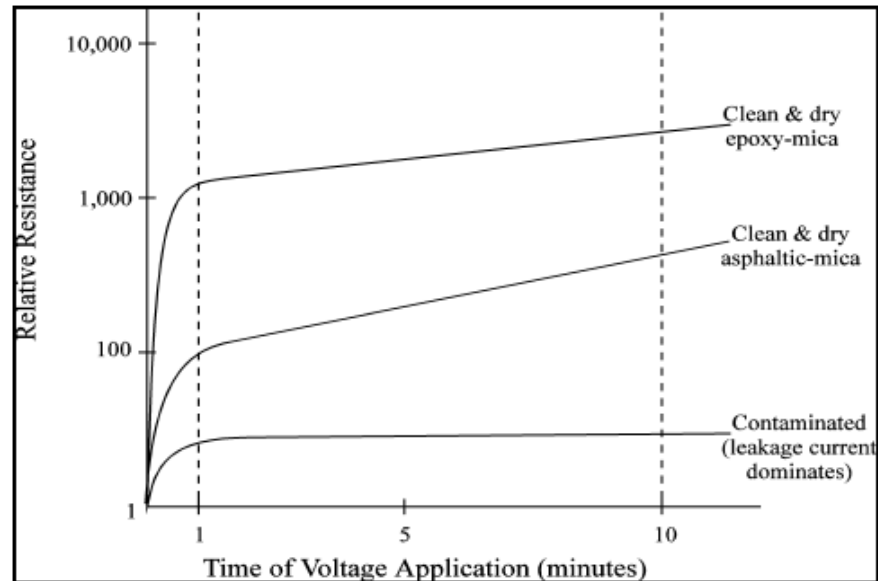


Figura. 3 Curva típica de IP 1 .Fuente: IEEE Power Engineering Society. “Std 43-2000: Recommended practice of testing insulation resistance of rotating machinery”. IEEE Press, New York, 2000, pp 8.

En caso de máquinas muy antiguas (más de 20 años), un elevado valor del índice de polarización, por ejemplo del orden de 5 o superior, puede ser síntoma de un aislamiento reseco y quebradizo.

Respecto al ensayo del índice de polarización, debe tenerse en cuenta que si anteriormente se ha realizado un ensayo de resistencia de aislamiento, con un resultado superior a los 5GΩ, el valor de la corriente medida es del orden de microamperios. Con estos valores, pequeñas variaciones de la tensión de suministro de la humedad del ambiente estabilidad de los contactos y conexiones. Pueden afectar significativamente a la medida y, si se utiliza en este caso el valor del índice de polarización como criterio de decisión, puede inducir a errores. [10]

1.3.1.3 Corriente de absorción y reabsorción

El aislamiento se ve afectado por los esfuerzos térmicos, eléctricos, mecánicos y de medio ambiente, produciéndose en su interior la aparición de productos de oxidación por efecto de las descargas parciales, residuos de polimerización, etc. Al estar la corriente de absorción muy influenciada por la estructura interna del dieléctrico, puede utilizarse como una medida de la degradación interna del aislante sin embargo, hay que tener en cuenta que la corriente de absorción aparece junto con la corriente de conducción, lo que va a impedir diferenciar ambas corrientes durante la medida. Para evitar este inconveniente se reduce a medir la corriente de reabsorción. [4]

La corriente de reabsorción viene determinada por la energía almacenada en el circuito capacitivo durante el periodo de reabsorción y será, por lo tanto, igual a la corriente de absorción pero de sentido contrario. De esta forma, midiendo la corriente de reabsorción se consigue conocer el valor de la corriente de absorción, ya que durante el periodo de descarga la corriente de conducción se hace cero.

El parámetro utilizado para criterios de diagnostico es el valor de la corriente de reabsorción pasado un minuto desde que se provoca el cortocircuito del aislamiento, habiendo mantenido previamente el escalón de tensión durante 30 minutos, un tiempo considerado suficiente como para que se haya anulado prácticamente el valor de la corriente de absorción, que normalmente será inferior en maquinas con aislamientos modernos.[4]

La temperatura es un factor que influye notablemente sobre el valor de la corriente de reabsorción, ya que aumenta la movilidad de las cargas en el interior de la estructura del aislante. Es por lo tanto conveniente referir la medida del índice de absorción a una temperatura que suele ser los 20°C, para lo cual puede utilizarse la siguiente ecuación empírica:

$$I_{abs,20} = \frac{I_{abs,t}}{10^{0,0022(t-20)}}$$

$I_{abs,20}$: Corriente de absorción corregida a 20°C

$I_{abs,t}$: Corriente de absorción a t°C

Debido al efecto capacitivo, la corriente de absorción será proporcional a la superficial del conductor e inversamente proporcional al espesor del aislante, por

lo que para hacer comparables los resultados obtenidos en maquinas diferentes el procedimiento seguido consiste en expresar la corriente de absorción corregida a 20°C y referida a la unidad de capacidad, a la tensino de ensayo y a la unidad de espesor. [4]

Tabla 5 Estado del aglomerante del aislamiento de acuerdo con el valor de la corriente de reabsorción normalizada en tensión y capacidad a 20°C

I de reabsorción (mA/V F) a 20°C	Estado del aislamiento
$I_{rea} < 2.5$	Calidad de aglomerante excelente
$2.5 < I_{rea} \leq 4.5$	Calidad de aglomerante normal
$4.5 < I_{rea} \leq 7$	Calidad de aglomerante regular
$I_{rea} > 7$	Calidad de aglomerante mala

1.3.1.4 Prueba de saltos de tensión

Este ensayo constituye una variante de los anteriores y consiste en someter el aislamiento a distintos niveles de tensión y comparar su comportamiento en cada uno de ellos. [3] Se basa en el principio de que un aislamiento ideal producirá lecturas idénticas de la resistencia a todas las tensiones, mientras que un aislamiento en mal estado mostrara una caída en el valor de su resistencia de aislamiento, conforme aumenta la tensión. Funcionalmente, se puede someter el aislamiento, conforme aumenta la tensión, manteniendo cada es calor por un tiempo de un minuto.

La máxima información de este método de ensayo consiste en, a partir de la grafica de resistencia de aislamiento con el tiempo, comparar los tramos obtenidos a las distintas tensiones. En el caso de un aislamiento en buen estado la estructura será similar, mientras que en aislamientos con problemas, sufrirán deformaciones conforme aumenta el valor de la tensión. Si la resistencia de aislamiento disminuye de imperfecciones o fracturas de aislante que pueden verse agravadas por la presencia de humedad. [2]

1.3.2 Ensayos en corriente alterna

Para los ensayos de corriente alterna se consideran por ser actualmente los de mayor aplicación, las pruebas de tangente de delta, factor de potencia y capacidad. Y para estos ensayos existen aparatos comerciales que permiten su realización simultánea.

1.3.2.1 Tangente de delta

El ensayo de la tangente de delta, también denominado de "factor de pérdidas", se determina la calidad en la fabricación de los bobinados e indicar el estado del sistema aislante de las máquinas, además es la característica de corriente alterna más universalmente aceptada a tal efecto. El valor de la tangente de delta de un aislamiento es una medida de las pérdidas dieléctricas del mismo. [3] En un aislamiento perfecto, el valor de $Tg \delta$ no se incrementa conforme aumenta el valor de la tensión aplicada, sin embargo, la presencia de huecos de aire en el aislamiento puede originar, si la tensión de ensayo aplicada es suficiente, el fenómeno de descargas parciales, lo que determina el incremento del factor de pérdidas. El valor de la tensión con el que se inician las descargas parciales debe ser superior al de trabajo de la máquina.

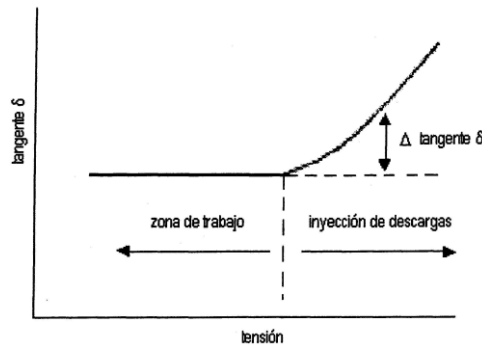


Figura. 4 Curva de prueba tangente delta

1.3.2.2 Incremento de la tangente y capacidad con la tensión aplicada

Los ensayos típicos de $Tg \sigma$ se realizan aplicando valores de la tensión en varios incrementos, por ejemplo 0,2E hasta E, (a veces 1,2 E) entre terminales del motor y masa, en estas se medirá la corriente alterna que circula por el aislamiento mediante equipos adecuados para este ensayo que, en esencia, son versiones adaptadas para este propósito de un puente de Schering. A partir de los resultados obtenidos, los parámetros que suelen utilizarse en el diagnóstico son:

- Valor de $Tg \delta$ a 0,2 E.
- Incremento de $Tg \delta$ entre 0,2 E y 0,6 E. A veces la mitad de este valor.
- Evolución de la gráfica de $Tg \delta$ en función de la tensión aplicada y evaluación con cada Salto de 0,2 E.

Como norma general, el incremento de la $Tg \delta$ en un aislamiento epoxi-mica, debe de estar por debajo del 1%, mientras que para un aislamiento de mica compactada

con poliéster puede presentar valores muchos más altos y no presentar problemas. El valor de Tg a tensiones reducidas es representativo del grado de polimerización, pérdidas intrínsecas del material o presencia de humedad y contaminación. No es práctico deducir la condición del aislamiento sobre la base de un único ensayo. Se deben tener en cuenta que el factor de pérdidas no se encuentra relaciona directamente con la zona de peor aislamiento, de modo que una bobina en mal estado puede quedar enmascarada por un número suficiente de bobinas en buenas condiciones. [2]

1.3.2.3 Factor de potencia

El factor de potencia está definido como el coseno del ángulo de fase entre el fasor de la tensión aplicada y de la corriente que circula por el aislamiento, es decir, el $\cos \varphi$. En un buen dieléctrico se tiene que:

$$90^\circ - \varphi = \delta$$

Por esta razón el factor de potencia y la $Tg \delta$ son frecuentemente intercambiables. La relación entre estos valores trigonométricos es:

$$\cos \varphi = \frac{tg \delta}{\sqrt{1 - (tg \delta)^2}}$$

Al igual que con el valor de la $Tg \delta$, el factor de potencia adopta valores muy pequeños, razón por la cual se proporcionan en forma porcentual, (por ejemplo, un factor de potencia de 0,001 se indica como un 0,1%). [6]

1.3.2.4 Ensayo de capacidad

La capacidad de los devanados frente a masa del motor da información de la constante dieléctrica del aislamiento y, a partir de este valor, sobre su estado, contaminación, suciedad y envejecimiento. La capacidad es un valor que suele tomarse en la fabricación del motor y en su mantenimiento. La presencia de contaminación superficial en los devanados provoca que la superficie conductora de la armadura del condensador que forman los conductores, aislante y hierro, se prolongue a la zona en que los devanados salen del núcleo, aumentando su superficie conductora y por lo tanto su capacidad. La capacidad de los devanados está afectada por la frecuencia a que se realiza su medida, comprobándose que, a muy bajas frecuencias, la parte contaminada hace aumentar el valor medido de la capacidad mientras que, a frecuencias altas, este valor se ve muy poco

influenciado por la contaminación. La relación entre las capacidades a baja frecuencia (lo que se ha dado en llamar capacidad en corriente continua) y alta frecuencia nos proporciona información sobre la existencia de contaminación en el aislamiento. Estos resultados suelen ser comprobados y contrastados con los resultados de los ensayos del índice de polarización. [5]

1.4 FACTORES DE DEGRADACIÓN DEL AISLAMIENTO ELÉCTRICO

Para conocer claramente cuáles son los factores que degradan la calidad de un aislamiento eléctrico se debe conocer los componentes de este. Uno de estos componentes es el aislamiento básico o aislamiento primario se descompone en tres clases que son: termo plástico, termo estable y caucho siliconado.

1.4.1 Sistemas de degradación del aislamiento eléctrico

Los sistemas de aislamiento eléctrico tienen un estimado de vida útil dependiendo del fin para el cual va ser utilizado, en el caso de los motores eléctricos, el aislamiento de sus devanados y de sus carcasas se deteriora principal mente por cuatro factores, que alteran su normal funcionamiento, estos factores son:

- Mecanismo mecánico (EM).
- Mecanismo térmico (ET).
- Mecanismo eléctrico (EE).
- Mecanismo ambiental (EA).

1.4.1.1 Envejecimiento mecánico (EM)

Este tipo de deterioro presente en el aislamiento eléctrico de los bobinados de los motores eléctrico, se debe al esfuerzo presente en el estado estacionario, transitorio o cíclico del aislamiento, el hecho que sea esfuerzo mecánico no precisamente se tiene que dar con la maquina en movimiento.

Este tipo de deterioro puede presentarse en un solo momento o puede ir afectando la vida útil del aislamiento paulatina mente. Este tipo envejecimiento es uno de los principales causantes de rupturas de aislamiento. Se puede presentar principalmente por fuerzas electromagnéticas presentes durante:

- Operación normal.
- Arranques.
- Cortocircuito.
- Sincronización inapropiada del generador.

Las fallas mecánicas pueden ocasionar fisuramientos en el aislamiento a tierra, abrasión en el aislamiento de los conductores o soleras y abrasión en el sistema de control de esfuerzos de la ranura. [10]

1.4.1.2 Envejecimiento térmico (ET)

Este tipo de deterioro del aislamiento se presenta principalmente cuando la temperatura del aislamiento es alta, lo suficiente como para provocar una degradación irreversible de las propiedades físicas del aislamiento, bajo un buen diseño del devanado del estator, la mayor fuente de calor la ocasionan las perdidas en el cobre, dando como resultado un gradiente térmico a través del aislamiento. [10]

El calentamiento de este gradiente térmico en el bobinado provoca que el embebido de resina entre las espiras de cobre y el aislamiento primario se deteriore. En la figura 5 A se muestra un claro ejemplo de lo que provoca el calentamiento del aislamiento en el núcleo y en la B la pérdida del aislamiento en las espiras.

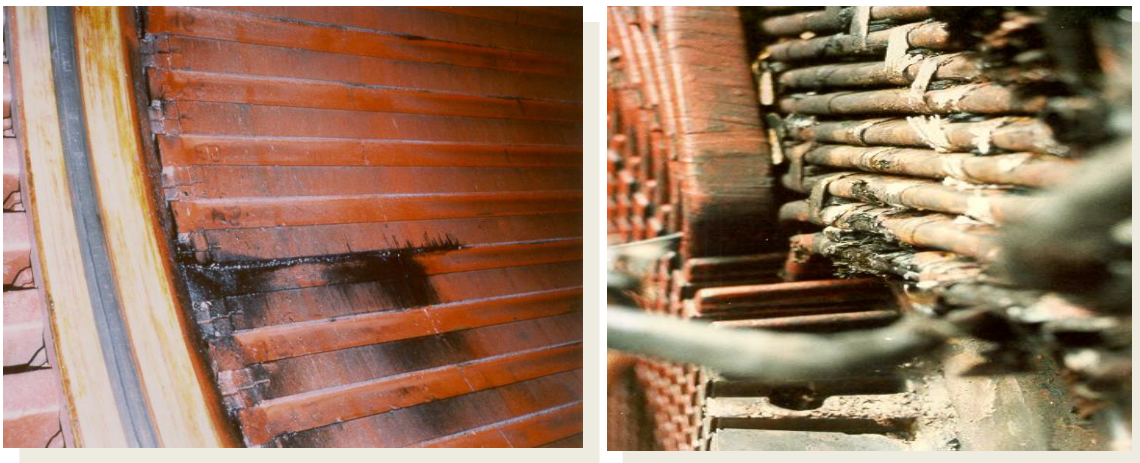


Figura. 5 Efectos del deterioro térmico. Tomado de Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería Eléctrica - Maestría en Sistemas de Generación Ing. Juan Carlos Toro Londoño

Las pérdidas de embebido de resina que forma el aislamiento eléctrico en los bobinados se presenta por acción de fuerzas electromagnéticas o termo mecánicas, aceleran la adherencia de la resina, adicionalmente, un envejecimiento puede ocurrir si las características del sistema se ven afectados. En devanados con enfriamiento directo, el gradiente térmico se verá reducido al igual que la probabilidad de un envejecimiento severo por temperaturas. [20]

1.4.1.3 Aislamiento A Tierra – Groundwall

La mayoría de los sistemas aislantes apropiadamente diseñados y fabricados no están sujetos a excesiva degradación térmica. No siendo así el caso de los aislamientos de más antigüedad de fabricación, como lo son Los aislamientos antiguos del tipo termoplásticos, están sujetos a delaminación térmicamente inducidas y a agrietamientos. Los daños por delaminación, son la resultante de un incremento en el envejecimiento térmico debido a:

- Pérdida de propiedades para el transporte de calor.
- Incremento de contenido de cavidades (>D.P).

1.4.1.4 Envejecimiento Térmico - Mecanismo Cíclico (Et)

La probabilidad de ocurrencia en operación de problemas térmicos cíclico son una función de:

- Longitud del núcleo.
- Ciclo de trabajo (carga base vs. carga pico).
- Tipo de enfriamiento (directa vs. indirecta).

Al remitirse nuevamente a los aislamientos más modernos están menos propensos a sufrir de este tipo de problemas, de igual forma los sistemas termoplásticos están sujetos a: SEPARACIÓN DE LA CINTAY AGRIETAMIENTO

Los sistemas termoestables están sujetos a delaminación y pérdida del impregnante entre soleras de cobre y el aislamiento a tierra, en las máquinas que poseen un sistema en la que la porción de la ranura se halla envuelta y los terminales están encintados, la interfase estará propensa a degradación cíclica.



Figura. 6 Deterioro Térmico cíclico 1. Tomado de Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería Eléctrica - Maestría en Sistemas de Generación Ing. Juan Carlos Toro Londoño

1.4.1.5 Envejecimiento eléctrico (EE)

Este tipo de deterioro en los sistemas de aislamiento es causado principalmente por los efectos de las descargas parciales (DP). De acuerdo con la norma UNE 21-313-85 una descarga parcial es una descarga eléctrica cuyo trayecto puentea solo parcialmente el aislamiento entre conductores. Desde un punto de vista práctico, cuando ocurre una descarga parcial se produce un cambio rápido en la configuración del campo eléctrico, dando lugar a una corriente que fluye en un conductor conectado al resto del sistema. Dentro de la actualidad se pueden distinguir tres tipos de descargas parciales las cuales son: [11]

- Descargas internas, que son las que ocurren en huecos de sólidos, donde suele haber gas.
- Descargas superficiales, que son las que aparecen en las inter fases de los dieléctricos, cuando existe un campo tangencial.
- Corona, que son aquellas que ocurren en puntas metálicas o en zonas con pequeño radio de curvatura, en las que se produce una intensificación del campo eléctrico.

1.4.1.6 Descargas internas

Las descargas internas tienen lugar en huecos de aislamiento solido, que aparecen durante el procesado, y que suelen estar rellenos de gas. Para cada

gas, la tensión a la que ocurre la ruptura varía con la presión. Esto se representa por la curva de Paschen, que se muestra en la Figura 7.

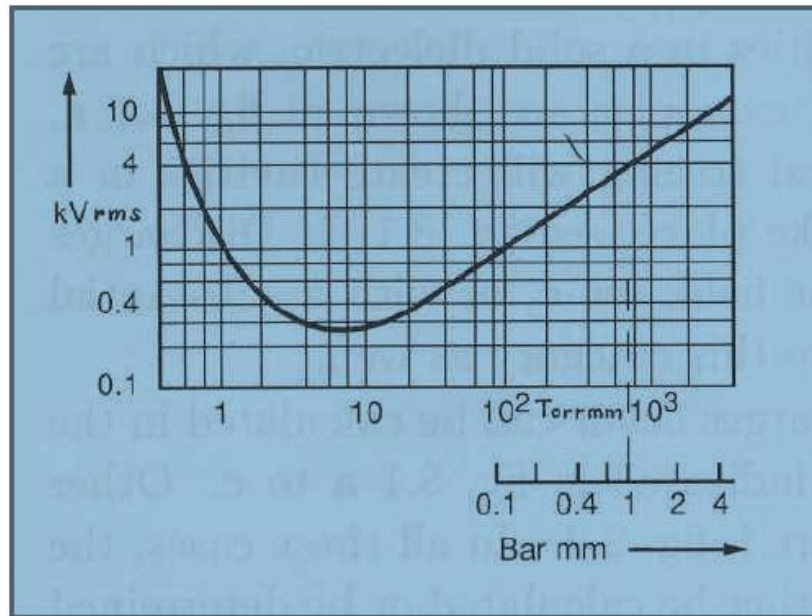


Figura. 7 Curva de Paschen. Tensión de ruptura de una cavidad llena de aire Tomado de F.H. Kreuger, *Industrial High Voltage*, vol. 2, Delft University Press, 1992.

1.4.1.7 Descargas superficiales

Las descargas superficiales ocurren en las interfaces de los dieléctricos cuando existe un campo eléctrico tangencial a estas. La tensión eléctrica a la que aparecen este tipo de descargas es relativamente baja. Así mismo las descargas parciales ocurren debido a la formación de rutas conductoras en la superficie del aislamiento la formación de un camino carbonizado sobre la superficie del material aislante, facilita que las corrientes de fuga fluyan por caminos contaminados, propiciando la presencia de DP's (descargas parciales) entre la superficie contaminada y tierra.

1.4.1.8 Coronas

Las descargas tipo corona son aquellas que ocurren en las puntas metálicas que se encuentran en un campo eléctrico. El efecto corona es una fuente de interferencias cuando se están realizando ensayos de descargas parciales. Por ello, se deben evitar puntas metálicas en los electrodos de ensayo. [11]

1.4.1.9 Envejecimiento ambiental (EA)

El envejecimiento ambiental es uno de los principales causantes de daños en los aislamientos de los equipos como motores, transformadores, conductores, etc. Debido a que es una circunstancia con la que, tanto los equipos como los propietarios deben enfrentarse a diario y sumándole a eso que es un factor casi impredecible, se considera como uno de los enemigos principales del aislamiento. Las fuentes primarias de este tipo de envejecimiento son:

- Absorción de agua: Generalmente, los sistemas orgánicos más antiguos son los más propensos a este tipo de deterioro, los materiales a base de poliéster, pueden perder sus funciones eléctricas y mecánicas debido a la hidrólisis.
La hidrólisis produce embombamiento y delaminación del aislamiento, predisponiéndolo a la falla por esfuerzo térmico, eléctrico ó mecánico. Este tipo de contaminación se presenta cuando los equipos son mal seleccionados para su función o simplemente son muy anticuado, el hecho de que un motor que se ha diseñado para trabajos bajo techo, su grado de IP es bajo, y se coloca a trabajar en condiciones de intemperie, ocasiona un deterioro rápido por humedad y otro tipo de envejecimiento ambiental.
- Químicos: Este tipo de contaminación en el aislamiento eléctrico se debe principalmente a la contaminación por parte de agentes químicos, utilizados muchas veces en los procesos industriales, a los cuales están expuestos los equipos. Los químicos con mayor frecuencia encontrados en los bobinados de las maquinas son:
 - Aceites.
 - Ácidos.
 - Solventes.
 - Bases.
- Radiación: Conciérne sólo a aplicaciones nucleares el efecto lo provocan los neutrones y la radiación. Los materiales inorgánicos, como la mica y la fibra de vidrio, son insensibles a este efecto. Los materiales orgánicos son fuertemente afectados

Las máquinas que operan en ambientes contaminados por polvo son propensas a fallar, debido a la influencia del choque abrasivo en el aislamiento.

2. MÉTODO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

Las mediciones de resistencia de aislación resultan, dentro de este contexto, la metodología más adecuada para la evaluación rápida, sencilla y económica, del estado en que se encuentra la aislación de un equipo.

Sin embargo, debe quedar bien en claro que esta no es la única metodología de ensayos dieléctricos, pero resulta de gran utilidad iniciar y terminar los ensayos dieléctricos con estas mediciones. Para la realización de ensayos de resistencia de aislación a diferentes equipamientos, se deberá realizar la aplicación del ensayo conjuntamente con las normas particulares de los mismos equipamientos a ensayar, respetando la metodología, secuencia y valores prescritos a los correspondientes al ensayo de resistencia de aislación de dicha norma específica.

En caso de que la norma correspondiente particular para el equipamiento a ensayar, no prescriba algunos de los elementos antes citados para realizar el ensayo de resistencia de aislación, o bien no exista norma específica para ese equipamiento, se pueden seguir las siguientes recomendaciones dadas en este capítulo.

1. Precauciones de Seguridad a Tener en Cuenta.

Con el fin de proveer a la seguridad personal, a la del equipamiento de ensayo y garantizar la confiabilidad de las mediciones, se deberán seguir las disposiciones indicadas antes de cada ensayo y después de los mismos.

a) Verificar la ausencia de tensión mediante instrumentos o dispositivos adecuados, ya sea confirmando que el medidor que usa si este cuenta con la herramienta o con medidores certificados.

b) Aunque se verifique que no hay tensión, es conveniente por razones de seguridad cortocircuitar y poner a tierra las partes conductoras entre las que se medirá la aislación, durante un lapso mínimo de 15 min.

c) Si se verifica que hay tensión, se procederá a descargar la energía electrostática almacenada en la aislación mediante resistores apropiados, hasta que se verifique la ausencia de tensión según lo indicado en a), procediéndose a continuación según b).

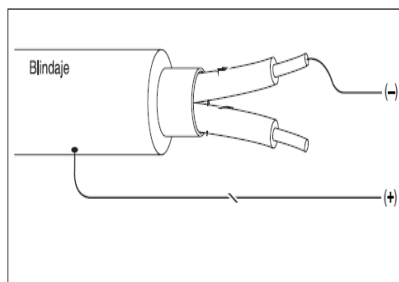
d) Se procede a efectuar la medición considerando las opciones de medición disponibles de modo de satisfacer los requisitos de su prueba. Estas incluyen:

- Voltaje de prueba (Tensión de comprobación).
- Configuración del rango: 250 V a 5000 V (en pasos de 50/100 V) conociendo previamente el voltaje de alimentación del motor, para determinar de acuerdo a la tabla 1 el voltaje de prueba aplicable.
- Límite de tiempo, teniendo en cuenta para evaluar el IP necesitamos una medida de 10 minutos.
- En la figura 8, 9 y 10 se muestra como deben ir ubicados los bornes de medición del equipo en los objetos a medir.



Se ve que la forma correcta de medir es colocar el borne negro del equipo a masa o tierra y el borne rojo a la línea a medir.

Figura. 8 forma correcta de medir aislamiento en un motor



En este caso la forma correcta de medir es colocar el borne negro del equipo al blindaje (aislante) del conductor y el borne rojo a la línea a medir

Figura. 9 Forma correcta de medir aislamiento en un conductor



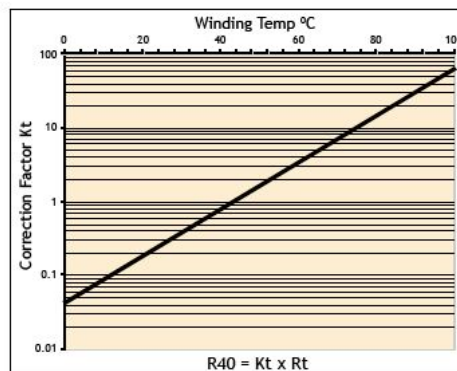
La forma correcta de medir el aislamiento en un transformador es colocar el borne negro del equipo a la cuba del transformador y el borne rojo a los bornes de alta, baja igualmente estos se confrontan entre sí.

Figura. 10 Forma correcta de medir aislamiento en un transformador

e) Si el equipo dispone de descargador de estática después de la medición no es necesario repetir c), en caso contrario repita el procedimiento descrito en c).

Otros parámetros al momento de realizar la medición de aislamiento son la influencia de la temperatura ambiente en el punto de medición y la humedad.

- I. Influencia de la temperatura sobre la resistencia de aislación: Dado que la resistencia de aislación disminuye su valor con el aumento de la temperatura del aislante ensayado, se hace necesario corregir los valores medidos para referirlos a una misma temperatura de referencia “ Θ_0 ” para poder comparar así resistencias de aislación obtenidas en distintas oportunidades. Como regla aproximada se puede afirmar que la resistencia de aislación se reduce a la mitad por cada 10 °C de aumento de temperatura y aumenta al doble por cada 10°C de disminución de la temperatura. Para la corrección de temperatura se puede utilizar la curva de la figura 9, que permiten obtener los factores de corrección K (Θ), para llevar una resistencia de aislación medida a la temperatura Θ , al valor de la temperatura de referencia de Θ_0 igual a 20°C.
- II. Influencia de la humedad sobre la resistencia de aislación: La presencia de humedad produce importantes variaciones en la resistencia de aislación. Esta puede ser que influya sobre las superficies de acceso del equipamiento (aisladores pasatapas, etc.) es decir que dependa de la humedad relativa del ambiente o que haya penetrado en la aislación propiamente dicha lo cual hace que exista conducción volumétrica (lo cual indicaría que los valores de resistencia sean bajos).



$$R_{A(20^{\circ}\text{C})} = K_{(\Theta)} \times R_{A(\Theta)}$$

Figura. 11 Fragmento de la Universidad Nacional de Río Cuarto, INSTITUTO DE PROTECCIONES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

La obtención de valores bajos de resistencia de aislación, puede indicar algún defecto o falla de la aislación de un equipamiento nuevo o recién reparado, o bien, en el caso de equipamiento en servicio, la necesidad de cambio o reparación de éste.

Sin embargo, el ensayo de medición única es excluyente en cuanto a que si para una aislación, sea nueva o en uso, se determinan valores menores que los mínimos recomendados, dicha aislación tiene un estado que es cuestionable. Su resultado es el criterio básico para juzgar el estado de la aislación de un equipamiento. En lo que respecta a las correcciones por temperatura según lo indicado párrafos anteriores, su aplicación es imprescindible para el ensayo de medición única, en razón que se deben comparar sus resultados con los registrados en otras oportunidades.

Los tres métodos de ensayo descriptos en este punto no son equivalentes ni complementarios, sino que simplemente son tres maneras distintas de evaluar la aislación eléctrica.

2.1 MEDICIÓN ÚNICA.

El ensayo consiste en realizar una lectura de la resistencia de aislación a los 60 s de aplicada la tensión continua de ensayo "E". Al mismo tiempo se mide la temperatura de la aislación, en un punto o en varios, de manera de obtener un valor representativo de dicha temperatura.

El valor de resistencia leído se corrige por temperatura y la resistencia de aislación así obtenida (referida a una temperatura de 20 °C) debe satisfacer los requisitos de la expresión de la figura 9.

Cuando se disponga de una planilla o gráfica con los valores de la resistencia de aislación, registrados anteriormente y en forma periódica, se puede volcar el valor medido en dicha planilla o gráfica. Para ello la medición se debe realizar en las mismas condiciones en las cuales se hicieron las determinaciones anteriores, es decir, la misma tensión de ensayo aplicada "E", la misma polaridad, la misma duración de la aplicación hasta la medición y en lo posible en condiciones similares de humedad ambiental, debiéndose corregir el valor obtenido a la misma temperatura de referencia.

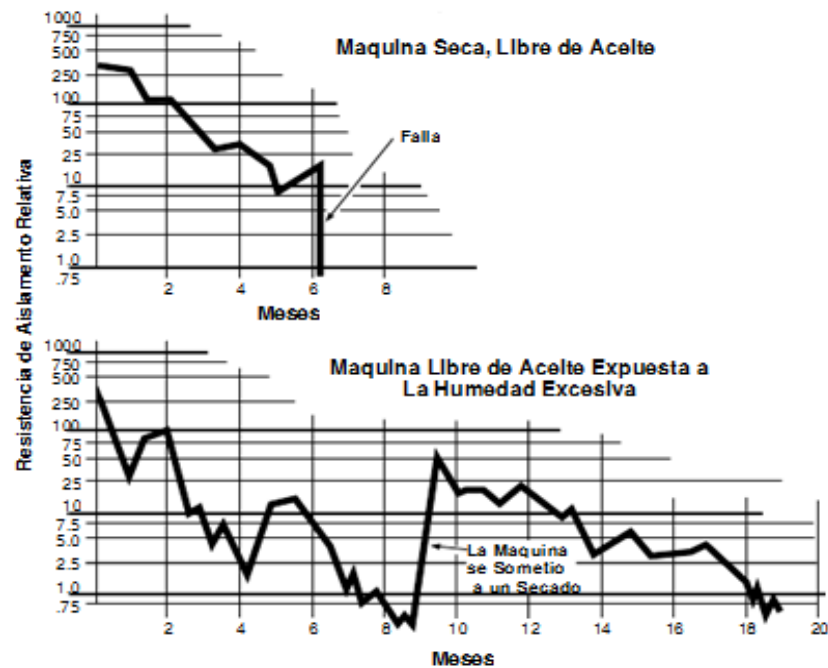
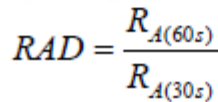


Figura. 12 Comportamiento de medidas únicas de motores en varios meses tomada del libro “Mas vale prevenir...” Guía completa para pruebas de aislamiento eléctrico, tercera edición. 1992

2.2 ENSAYO DE ABSORCIÓN DIELÉCTRICA E ÍNDICE DE POLARIZACIÓN.

El ensayo se realiza aplicando la tensión de ensayo “E” y midiendo a partir del instante inicial, la resistencia de aislación cada 10 s hasta completar el primer minuto. Para mediciones simplificadas se pueden obviar las lecturas cada 10 s y relevar directamente el valor de la resistencia de aislación a los 30 segundos y al minuto. Los valores así obtenidos se grafican en función del tiempo como muestra la figura 11, y se calcula el valor de la relación de absorción dieléctrica RAD, definido en la formula de la imagen.



El Aislamiento Puede Estar Deteriorado; Alerta Preventiva

El Aislamiento Puede Estar Deteriorado; Alerta Preventiva

El Aislamiento Puede Estar Deteriorado; Alerta Preventiva

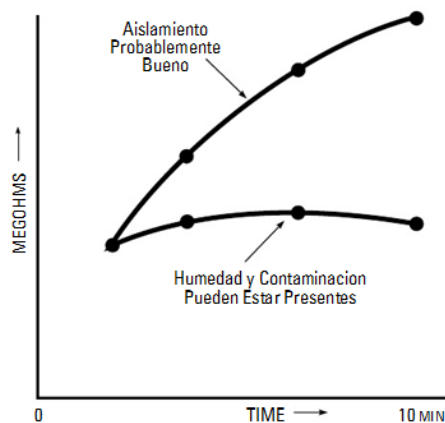


Figura. 14 Comportamiento de medidas de índice de polarización. Tomada del libro “Mas vale prevenir...” Guía completa para pruebas de aislamiento eléctrico, tercera edición.1992

2.3 ENSAYOS CON SALTOS DE TENSIÓN.

Para este ensayo el megóhmetro debe tener dos o más niveles de tensión de ensayo. Los niveles de tensión aplicados deben cumplir con lo indicado en la tabla 1. Se aplican los niveles disponibles de tensión con valores sucesivos crecientes. Para cada uno de estos niveles se mide cada 10 s la resistencia de aislamiento a partir de su instante inicial hasta llegar a los 60 segundos.

Con los valores medidos para cada valor de tensión de ensayo, se trazan curvas resistencia-tiempo, como la indicada en la figura 13 con los valores de resistencia de aislamiento a los 60 segundos.

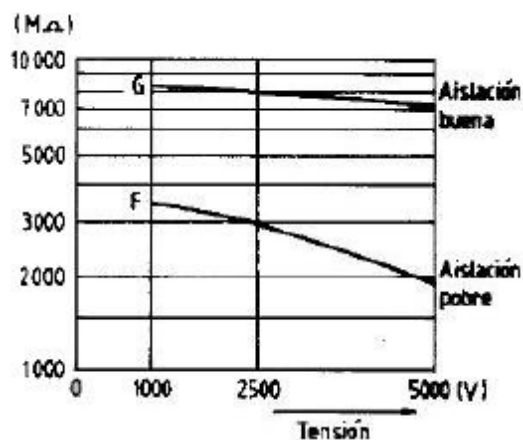


Figura. 15 Comportamiento de medidas de salto de tensión. Tomada fragmento universidad de rio cuarto

3. MANTENIMIENTO

El objetivo fundamental del mantenimiento es conservar la maquinaria y herramienta en condiciones de funcionamiento, que permitan alcanzar las cantidades de bienes previstos en los planes de desarrollo productivo a costos iguales a los indicados en los presupuestos de la empresa. [23]

Es la función que contempla los aspectos del negocio que afectan a la seguridad, el medio ambiente, al ahorro energético, a la calidad del producto, al servicio al cliente y asegura la máxima disponibilidad de la planta.

La aplicación de un programa de mantenimiento equivocado puede pasar de ser rentable a una alta carga para la empresa. El nivel óptimo de mantenimiento depende de varios conceptos:

- El tipo de empresa.
- El tamaño de la misma.
- Antigüedad de la instalación.
- La zona donde está ubicada.

El mantenimiento dentro de una estructura productiva no es un fin en si mismo, no es el objeto de la organización, su función debe estar claramente orientada hacia el aseguramiento de la fiabilidad de los medios productivos, y al ahorro de costos que surgirán gracias a un adecuado programa de mantenimiento. [24]

Como parte del procedimiento de mantener en buenas condiciones los bienes de una empresa el mantenimiento debe combinar de la mejor manera los siguientes factores:

- Calidad económica del servicio.
- Duración adecuada del equipo.
- Minimización de los costos de mantenimiento.
- Minimización de los costos de producción.

3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de bajar el costo del mantenimiento correctivo y todo lo que representa.

Consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina, la experiencia y los datos históricos obtenidos de las mismas. [23]

Se desarrolla un programa de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias tales como: engrasar, cambiar cojinetes o fajas, etc.

Las estrategias convencionales de reparar cuando se produzca la avería ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costos excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.) y por ello las empresas industriales se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante adecuados programas de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo consiste en una acción planeada por medio de programas, cuando ocurre una avería o falla se aplica el mantenimiento correctivo. Tiene como objetivo detectar de manera anticipada las condiciones anormales de trabajo y solicitar la ejecución oportuna de trabajos de mantenimiento correctivo de carácter preventivo para que las fallas sean corregidas en su fase inicial.

3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BOMBAS

Unos de los aspectos fundamentales al usar bombas es detectar por que fallan las bombas, como subsanar estos problemas y también es fundamental aplicar programas de mantenimiento preventivo a las diversas partes de las mismas. Usar los sentidos, puede ser suficientes para determinar algunos problemas que aquejan a estas máquinas. Por ejemplo la bomba vibra o está ruidosa podría deberse las partes rotatorias que rozan contra las partes fijas, la suciedad en cojinetes, o falta de lubricación. [24]

3.2.1 Contaminación

Una bomba puede contaminarse con basuras del fluido que se está bombeando o cuando se manipulan los accesorios de la bomba con las manos sucias. Una forma menos obvia de contaminación ocurre cuando el aire u otros gases se ven atrapados en la bomba.

3.2.2 Lubricación Incorrecta

Como la mayoría de la maquinaria, las bombas necesitan aceite o grasa para lubricar los cojinetes, aunque también tienen requerimientos adicionales de lubricación. Los empaques y sellos de la bomba son a menudo lubricados por el

flujo del fluido. Todas estas necesidades de fluido deben satisfacerse estrictamente si se desea obtener una vida útil máxima.

3.2.3 Desalineación

La fórmula de alineación estricta es a menudo ignorada. La desalineación de la bomba y del elemento impulsor causa vibración y un desgaste excesivo de los cojinetes. También impone un esfuerzo innecesario sobre el eje. Las bombas deben ser desalineadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

3.3 FORMULACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el mantenimiento preventivo se busca minimizar la probabilidad de falla, esto se realiza por medio de cuatro actividades básicas:

3.3.1 Visitas o inspecciones

Sirven para verificar el estado del equipo o instalación a través de inspecciones rápidas, periódicas y planificadas que no requieren acción de desmontaje alguno.

3.3.2 Revisiones o ajustes

Son inspecciones periódicas con la diferencia que en éstas si se hacen operaciones de desmontaje ya sea: fajas, cojinetes, tornillos, etc. En este tipo de inspecciones es necesario realizar un paro o hacerlas cuando se tiene un paro programado de producción.

3.3.3 Lubricación

Es un punto primordial en el mantenimiento preventivo y consiste en la aplicación periódica de aceites y grasas, para evitar fallas debido al desgaste prematuro de las piezas, a causa de la fricción.

Con una lubricación apropiada se obtienen varios beneficios tales como:

- Reducción de costos de mantenimiento.
- Prolongación de la vida útil de la maquinaria o equipo.
- Reducción de paros de producción imprevistos.
- Ahorro en el consumo energético.

3.3.4 Limpieza

La limpieza de maquinaria o equipo es una parte vital para la aplicación del mantenimiento preventivo, en cualquier tipo de industria, ya que permite detectar de una mejor forma las averías o fallas en el equipo y al mismo tiempo facilita la labor del personal de mantenimiento.

4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Una vez efectuados todos los requerimientos descritos en párrafos anteriores para la medición de resistencia de aislamiento se procedió con la medición de aislamiento eléctrico en 27 motores principales al interior de de VOPAK, utilizando el Ensayo de absorción dieléctrica e índice de polarización descrito en el capítulo anterior. Obteniendo como resultados finales los valores mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 6 Resultados finales de medidas.

VALORES FINALES DE AISLAMIENTO ELECTRICO EN VOPAK COLOMBIA							
Etiqueta	Resistencia	Voltaje	Corriente	Duración	Capacitancia	IP	DAR
BDB2	152 M	523	3,43 μ	10 min	0,05 μ F	2,43	0,82
B895	3,44 G	524	152 n	10 min	0,03 μ F	1,45	1,17
B894	3,64 G	524	144 n	10 min	0,03 μ F	1,63	1,11
B877	291 M	524	1,80 μ	10 min	0,02 μ F	0,85	1,1
B899	40,0 M	523	13,1 μ	10 min	0,04 μ F	0,98	1
B888	54,7 M	523	9,56 μ	10 min	0,04 μ F	0,96	1
B877	55,4 M	523	9,44 μ	10 min	0,04 μ F	1,02	1
BD54	54,0 M	523	9,68 μ	10 min	0,05 μ F	1,11	1,02
BD50	5,08 G	524	103 n	10 min	0,01 μ F	1,19	1,09
BLL0	336 K	504	1,50 m	10 min		2,1	1,01
C452	925 M	524	566 n	10 min	0,02 μ F	1,03	1,01
CB53	8,96 G	524	58,5 n	10 min	0,01 μ F	1,44	1,18
T701	22,6 G	524	23,2 n	10 min	0,01 μ F	2,15	1,28
B127	15,9 G	523	32,8 n	10 min	0,01 μ F	1,08	1,06
B124	2,95 G	524	178 n	10 min	0,01 μ F	0,57	0,86
BE12	310 M	523	1,69 μ	10 min	0,04 μ F	2,4	1,17
BM01	17,5 M	523	29,9 μ	10 min		1,36	1,16
BE02	2,24 G	523	234 n	10 min	0,02 μ F	1,57	1,21
BE35	32,0 K	52	1,62 m	10 min	0,14 μ F	0	0,38
BE29	306 K	485	1,59 m	10 min		1,89	1,06
BE32	69,5 M	523	7,52 μ	10 min	0,07 μ F	1,18	1,03
C454	164 M	523	3,19 μ	10 min	0,01 μ F	1,13	1,23
C4AC	16,7 M	523	31,3 μ	10 min		1,21	1,03

BP48	416 K	507	1,22 m	10 min		1,17	1
B602	2,46 K	4	1,63 m	10 min		0	1,52
BE02	661 K	513	776 μ	10 min		3,38	1,62

En la tabla 6 se puede ver de acuerdo a la ubicación de las columnas las siguientes interpretaciones:

- En la primera columna se encuentra la etiqueta designada al motor, con el fin de almacenar el informe en una hoja de vida del equipo como principio para formar una base de datos para el programa de mantenimiento.
- los valores de la segunda columna son los resultados finales de resistencia de aislamiento del equipo en prueba.
- El voltaje aplicado en la prueba por parte del equipo es el que se puede visualizar en la tercera columna (en esta parte el voltaje de aplicación para todos equipos fueron 500V, debido a la voltaje de funcionamiento de los motores (440V). debido a factores de aislamiento y protección en algunos casos este valor varia.
- La siguiente columna muestra la corriente aplicada a cada motor, este valor lo calcula el equipo para poder calcular el valor de resistencia del bobinado por medio de la ley de ohm.

$$R = \frac{V}{I}$$

- Por ser un ensayo absorción dieléctrica e índice de polarización, la duración de la prueba se da por 10 min en todos los casos.
- La capacitancia en la sexta columna nos muestra la capacidad que posee la carcasa o la parte metálica del motor tomada como masa para la medición (ver figura 9).
- En la séptima columna vemos los valores de IP tomados en un tiempo de 10 minutos de prueba y divididos en la medida registrada en 1 minuto.
- Por último observamos la medida de DAR que es la relación de la medida de 1 minuto entre la medida de resistencia a los 30 segundos.

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las mediciones se realizaron en un periodo de tiempo de 1 semanas en la cual se tomaron mediciones de temperatura y humedad en el ambiente y los motores intervenidos en las mediciones, como se ve en la tabla 7, para determinar en que casos se requería de corrección por temperatura o humedad relativa.

Al no tener una base de datos en la cual saber si la temperatura de ambiente a la cual se determinó la última medida de aislamiento, además de tener una temperatura de medición bastante equilibrada en sus valores se omite la corrección por factor de temperatura y humedad.

Tabla 7 Resultados finales de medidas de temperatura y humedad relativa.

MEDICION DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA						
Semana del 12 Al 17 de Septiembre de 2012						
Parámetro	Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
TEMPERATURA °C	08:30	27	26	24	28	27
	09:00	29	26	24	28.5	27
	09:30	29	28	23	28.5	26.8
	10:00	28	30	22	28.5	27.6
	10:30	27.5	30	25	29	27.9
	11:00	29	29	25	30	29
	02:00	28	29	24	30	29
	02:30	28	28.7	24	30	28.5
	03:00	28	29	24	28	28
HUM. RELATIVA %	08:30	78	72	80	76	82
	09:00	78	76	80	82	80
	09:30	80	74	75	80	78
	10:00	80	78	74	82	79
	10:30	75	79	76	82	75
	11:00	74	76	82	82	76
	02:00	75	82	80	82	79
	02:30	76	80	78	82	80
	03:00	74	82	79	82	75

Dentro de las mediciones se encontró que algunos de estos motores presentan serios problemas de aislamiento, en la tabla 6 se encuentran señalados con color rojo, su mayor problema se debe al deterioro que presenta su aislamiento eléctrico a causa de estar en estado estacionario durante prolongados tiempos, y no se realiza en ellos calentamientos con resistencias, en la figura 16 vemos un claro ejemplo de este caso.



El tiempo prolongado de des uso de un motor afecta su aislamiento si no se realiza calefacción o calentamiento periódico.

Figura. 16 Bomba almacén de mantenimiento

De igual forma se debe tener un cuidado especial con los motores en tiempo de lluvia, como se puede ver en la figura 17 en Vopak no se tiene un correcto manejo de esto, debido al estancamiento de aguas en muchas de las casetas de maquinas donde se ubican los motores.



Como se puede ver el almacenamiento de aguas alrededor del motor produce humedad en sus devanados afectando el aislamiento

Figura. 17 Pic de bombas de bahía 5

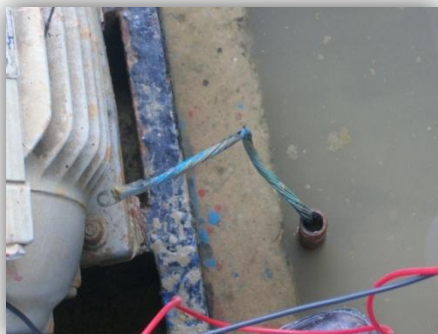
Otro de los problemas encontrados son las carcasa de los motores, muchas de ellas se encuentran en muy mal estado, como podemos visualizar en la figura 18, teniendo en cuenta el tipo de proceso realizado en Vopak se exige que sus motores sean de clase blindada anti explosión, esto nos da referencia de que sus carcassas son parte fundamental de esta condición por lo cual se debe tener especial cuidado con esto.



Este deterioro en la carcasa debilita la propiedad de explosión del motor.

Figura. 18 Bomba de llenado de etanol

Al igual que toda estructura metálica, los motores y sus bases no siendo la exención, deben estar correctamente aterrizados y conectados al sistema de puestas a tierras del complejo al que pertenecen, siendo esta otra de las fallas encontradas en gran cantidad dentro de la empresa, en la figura 19 y 20 se puede ver claramente este hecho. Otro hecho que se debe mejorar es la ubicación de las caseta de bombas en las cuales se produce acumulación de aguas lluvias, se encontraron casos en las que estas aguas sobrepasan a las bombas, la figura 21 observamos este hecho



Esta línea de tierra debe estar fijamente conectada a la carcasa del motor

Figura. 19 Bomba 22 Pic de bombas bahía 5.



La línea del sistema de puesta a tierra debe aterrizar la base del motor, como lo estipula la norma.

Figura. 20 Pic de bombas bahía 5.



Línea en la cual el nivel del agua llega sumergiendo el motor sin ser este tipo sumergible.

Figura. 21 Bomba de recirculación de producto

Los motores resaltados en color azul son motores que no presentan problemas de aislamiento en sus bobinados, pero son motores a los cuales se les debe tener un seguimiento periodo para evitar que el aislamiento que tiene se deteriore.

De igual forma cabe destacar algunos aspectos buenos que se encontraron al momento del estudio, de los cuales se pueden tomar modelos para replicar en los motores en los cuales se presentaron problemas, una vez realizado el respectivo mantenimiento. Tenemos casos como el visto en la figura 2 donde podemos visualizar el buen mantenimiento que se le ha realizado a este motor ubicado en el descargadero de etanol. De igual forma la mejor ubicación de este nuevo descargadero debe ser el ejemplo de cómo deben ser ubicados las casetas de bombas para evitar el estancamiento de aguas y humedad.



Figura. 22 Bomba descargadero 7

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Dentro de los parámetros básicos para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, se deben clasificar las áreas y los equipos de la planta en un rango de importancia según su función operacional.

5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE LA PLANTA

5.1.1 Área de desembarco

Se considera como área de desembarco la que comprende todo el espacio ocupado por la zona marina del muelle, cuyo fin principal es la recepción de barcos, barcazas y cargueros. El fin de esta área es descargar los productos que llegan a la planta para su posterior almacenamiento.

5.1.2 Área de almacenamiento

Esta zona la comprenden todas las bahías de almacenamiento que posee la planta, en total 5; estas bahías están formadas por tanques, bombas de recirculación y bombas de transporte.

5.1.3 Área de llenado

La zona de llenado es una de las partes principales de la planta, esta comprende las bahías de despacho de producto al igual que los escullins.

5.1.4 Área de calentamiento

Esta área comprende un sistema de calefacción para la conservación en estado líquido de algunos productos almacenados, que requieren de una temperatura específica para este proceso, de igual forma se utiliza para la mezcla homogénea de productos.

5.1.5 Área de pesaje y despacho

Comprende la parte final del proceso de la planta y en esta zona se realiza el despacho y pesaje final de los camiones cisterna.

5.2 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA

Para la correcta identificación de los procesos de criticidad de la planta, se deben clasificar los equipos de acuerdo a su relevancia en el proceso de la planta, para

determinar que equipos afectan de manera directa el proceso al momento de dejar de funcionar.

5.2.1 Equipos críticos.

Dentro de las instalaciones de Vopak Colombia se encuentran como equipos críticos tres secciones de trabajo que son:

1. BOMBA MUELLE: el muelle se considera como uno de los puntos mas cruciales dentro del proceso de producción de Vopak Colombia, el muelle consta de un sistema de descargue y bombeo, que es operado por una bomba de 250 HP, marca US MOTORS, que se encarga del desembarco de los productos provenientes de barcasas y cargaros, se convierte en un equipo primordial dentro del funcionamiento de la planta, debido a que del funcionamiento de esta maquina depende del 70% la producción de almacenamiento de la planta.
2. BOMBAS DE LLENADO: las bombas de llenado se consideran el segundo equipo en criticidad de Vopak, debido a la importancia que tienen el proceso de producción de la planta, estos equipos son los encargados del llenado de los carros cisterna, que son los clientes finales de la planta.
3. ESCULLINS: los escullins son también conocidos como descargadores de energía estática, la cual es generada al momento del llenado de los camiones cisterna, Vopak por ser una empresa de carácter internacional, con altos estándares de seguridad, no permite el llenado de este tipo de camiones sin el funcionamiento de estos descargadores.

5.2.2 Equipos secundarios.

Dentro del proceso se pueden encontrar equipos que son parte de la producción, pero al verse afectados por una falla no se detendrá la producción de la planta ni el producto final se vera afectado. Estos equipos en Vopak Colombia se clasifican de la siguiente manera:

5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN VOPAK

En la actualidad la mayoría de empresas dedicadas al almacenamiento de productos están tratando de reducir los costos de mantenimiento, ya que éstos son demasiado altos, debido a que no poseen un adecuado programa de mantenimiento dentro de la planta y si lo tienen no lo ejecutan de tal manera que reduzca costos.

En la planta en estudio, el mantenimiento se hace programado en algunas áreas, aunque algunas reparaciones se hacen cuando se presenta la avería; para realizar dicho mantenimiento no se cuenta con personal interno, solo con personal externo a la planta.

Además los trabajos de reparación donde se usa torno, fresa o cualquier otra máquina, son realizadas en talleres fuera de la empresa así como también los trabajos de carpintería, albañilería, y algunas averías en los motores eléctricos por ejemplo, el embobinado de los mismos.

5.3.1 Área de desembarco

El mantenimiento que se hace en esta área es muy poco y consiste normalmente en la limpieza de las mangueras y boquillas de llenado de la bomba, debido a que cada vez que se realiza un desembarco se realiza la limpieza en estas. Este mantenimiento no es programado sino que se hace cuando el operador termina la operación; en tanto que el mantenimiento para el motor y la bomba no son continuos ni programados, solo cuando se da la falla se realiza la acción correctiva.

5.3.2 Área de almacenamiento

El área de almacenamiento posee cinco bahías de almacenamiento las cuales reciben diferente tipo de mantenimiento en sus componentes; un tanque de almacenamiento recibe mantenimiento en la superficie, en las válvulas de entrada y en las válvulas de salida de producto, dicho mantenimiento consiste en una limpieza de las partes en mención cada treinta días además se hace una revisión interna del tanque, cuando se encuentra desocupado, para ver si existen refractarios dañados o abolladuras al interior de este que puedan debilitar la superficie del mismo.

En las bombas de llenado, recirculación y despacho no se realiza ningún tipo de mantenimiento periódico, salvo que el operador haya avisado de alguna avería. En tanto que el panel de control no recibe mantenimiento alguno.

La reparación del motor averiado es realizada por personal de mantenimiento externo.

5.3.3 Área de llenado

Esta área posee tres bancos de extracción de producto de los tanques de almacenamiento. El mantenimiento que hace en estos bancos o bahías consiste primero en un mantenimiento mecánico dedicado a la limpieza de tuberías, llaves de paso, columnas, manómetros y bomba de llenado; este mantenimiento no se realiza muy periódicamente debido al constante movimiento de despacho de producto.

Una vez realizada la limpieza se continúa con un mantenimiento químico que consiste en la circulación de soda cáustica por todo el banco para quitar toda incrustación de extracto en las tuberías, llaves de paso y columnas; para luego circular un jabón especial para eliminar cualquier residuo de soda cáustica en el banco.

Además se hace mantenimiento cuando el operador o algún ayudante avisan que existe una falla o fuga de producto y es necesario cambiar una llave, un tamiz o un empaque.

Las bombas no reciben mantenimiento alguno hasta cuando el operador avisa de alguna falla o avería.

Normalmente las reparaciones donde existe fuga de producto se realizan los días domingo para evitar hacer una parada del área entre semana a excepción de una emergencia por fugas muy grandes. Dichas reparaciones son realizadas por el personal de mantenimiento externo a la planta.

Los escullins parte fundamental del proceso de llenado no reciben ningún tipo de mantenimiento.

5.3.4 Área de calentamiento

En esta área el mantenimiento que se realiza a la caldera es operado por el personal que suministro e instalo el equipo, lo realizan cada seis meses.

5.3.5 Área de pesaje y despacho

Esta área comprende la bascula y sus equipos asociados, este equipo solo recibe mantenimiento cuando esta averiado.

5.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO EN VOPAK

Tomando en cuenta la forma actual con que se realiza el mantenimiento preventivo en la planta de Vopak, es conveniente y necesario realizar unos cambios en la manera de hacer el mismo, para hacer aun más eficiente y productiva dicha planta.

5.4.1 Área de desembarco

Un buen mantenimiento de los elementos de ésta área garantizan un mejor proceso en la planta.

5.4.1.1 Bomba de desembarco (Muelle)

La bomba constituyen una herramienta importante en el área del muelle por lo que el mantenimiento de las mismas debe ser de tal manera que estén siempre en buen funcionamiento. El personal de mantenimiento de turno es el encargado del mantenimiento de la bomba del área del muelle.

La bomba del muelle sirve para enviar el producto a los tanques de almacenamiento, esta bomba se debe revisar una vez al mes para determinar si existe algún sedimento en la tubería de entrada y salida de la bomba, además se debe revisar la conexión eléctrica del motor ya que puede existir algún cable dañado o algún problema en el contacto eléctrico.

Antes de entrar a mantenimiento químico, en la bomba se deben revisar los sellos mecánicos y de ser posible cambiarlo, además de revisar los cojinetes del motor y cuando este en servicio se debe revisar diariamente que el sello tenga lubricación con agua ya que con esto se evita el rápido deterioro del mismo.

Para el cambio de rodamientos y revisión de los devanados de la bomba se recomienda una inspección y pruebas de aislamiento y HIP POD cada año en una parada programada.

5.4.1.2 Llaves de paso

Como su nombre lo indica permiten el paso de productos de una columna a otra, de allí la importancia del mantenimiento que deben tener las mismas. Cada vez que entra en mantenimiento una bahía, aproximadamente cada 03 meses las llaves se deben dejar en soda cáustica por lo menos una semana para aflojar los

residuos luego limpiarlas y de ser necesario cambiarles los empaques de teflón que poseen ya que estos se dañan y no permiten el abrir y cerrar libremente.

5.4.1.3 Tuberías

En las tuberías se recomienda la utilización de limpieza química la cual se realizara en los periodos de limpieza de los cabezotes de las bombas, con la circulación de soda caustica por ellas.

Tabla 8 Actividades de mantenimiento en el área de desembarco

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
BOMBA US MOTORS DE 250HP	Inspección visual antes de trabajos de desembarco	Diaria	Operador encargado del desembarco
	Revisión de sellos	Diaria	Operador encargado del desembarco
	Revisión de sedimentos en cabezales	Mensual	Personal de mantenimiento
	Revisión de conexonado eléctrico	Mensual	Personal de mantenimiento
	Revisión de cojinetes	Trimestral	Personal de mantenimiento
	Pruebas y cambio de piezas	Anual	Personal externo de mantenimiento
LLAVES DE PASO	Revisión de fugas	Diaria	Personal de mantenimiento
	Limpieza	Trimestral	Personal de mantenimiento
	Revisión de stop	Semanal	Jefe de bodega
TUBERÍAS	Limpieza	Mensual	Personal de mantenimiento

5.4.2 Área de almacenamiento

En el área de almacenamiento se tiene en cuenta cada uno de los componentes de la bahía para el mantenimiento programado, en esta área de la planta se plantea un mantenimiento cada tres meses.

5.4.2.1 tanques de almacenamiento

En los tanques se dispone de unas inspecciones integrales de los tanques, estas evaluaciones serán en equipamiento de evaluación no destructiva, incluidos los escáneres de suelo que detectan la fuga de flujo magnético(MFL), el mini escáner MFL motorizado y el escáner MFL manual para realizar la inspección adyacente a

las soldaduras de esquinas y debajo de las bobinas de vapor y las tuberías internas, el espesor ultrasónico, las partículas magnéticas, la prueba de caja aspirante y la prueba de fugas de helio, ACFM (pies cúbicos reales por minuto) y otras técnicas de evaluación no destructiva.

Además de evaluar los revestimientos gruesos del tanque para detectar y ubicar la corrosión sobre las placas (del piso o del producto)

Estas pruebas se deben realizar cada año en la parada programada de mantenimiento.

5.4.2.2 Llaves de paso

Cuando las bahías esta en servicio el problema más frecuente se presenta con llaves tapadas o que dejan pasar producto estando cerradas, en cualquiera de los casos, lo mejor será quitar la llave dañada y colocar otra llave aunque en el primer caso también se puede quitar, limpiar y volver a colocar la misma llave.

5.4.2.3 Tuberías

La limpieza de estas tuberías se realiza general en toda la planta y se utiliza la misma metodología.

5.4.2.4 Manómetros

Para el mantenimiento de los manómetros, se debe mantener un buen número de estos en buen estado como repuesto, para cuando exista la necesidad de cambiar alguno.

5.4.2.5 Bombas de llenado y recirculación

El mantenimiento en las bombas de llenado y de recirculación es el mismo efectuado en la bomba del muelles, en estas bombas solo las inspecciones diarias son las que cambian, el operador de la bahía debe realizar una lista de chequeo diaria del funcionamiento de la bomba, además debe realizar limpiezas diarias al finalizar su turno de la maquina.

En estas áreas las bombas tienen una capacidad de promedio de 15Hp en todas las estaciones.

Tabla 9 Actividades de mantenimiento en el área de Almacenamiento

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
BOMBAS DE RECIRCULACION Y LLENADO	Inspección visual y lista de chequeo	Diaria	Operador de bahía
	Revisión de sellos	Diaria	Operador de bahía
	Limpieza	Diaria	Operador de bahía
	Revisión de sedimentos en cabezales	Mensual	Personal de mantenimiento
	Revisión de conexonado eléctrico	Mensual	Personal de mantenimiento
	Revisión de cojinetes	Trimestral	Personal de mantenimiento
	Pruebas y cambio de piezas	Anual	Personal externo de mantenimiento
LLAVES DE PASO	Revisión de fugas	Diaria	Personal de mantenimiento
	Limpieza	Trimestral	Personal de mantenimiento
	Revisión de stop	Semanal	Jefe de bodega
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	Inspección integral de tanques	Anual	Personal externo de mantenimiento
	Pruebas y cambio de piezas	Anual	Personal externo de mantenimiento
TUBERÍAS	Limpieza	Mensual	Personal de mantenimiento
MANÓMETROS	Revisión en bahía	Semanal	Personal de mantenimiento
	Revisión de stop	Semanal	Jefe de bodega

5.4.3 Área de llenado

El área de llenado se dispone de las bombas de llenado o pics de bombas que son un conjunto de bombas conectadas a los tanques de almacenamiento y a los surtidores de despacho.

En esta área el mantenimiento realizado a las tuberías, motores, llaves de paso y manómetros es el mismo mantenimiento descrito en los numerales anteriores. En esta área los elementos que varían en su mantenimiento son los Scullins y las bahías de llenado.

5.4.3.1 Scullins

Los Scullins son descargadores de estática se les debe realizar mantenimiento semanal realizando limpieza en las conexiones eléctricas de este (pinzas de conexión), además de revisar las condiciones del cableado al momento de las limpiezas llenando una lista de chequeo. Igualmente se realizarán medidas de la resistencia de la malla del sistema de puesta a tierra de estos, esta medida no debe superar los 5Ω de resistencia, se realizarán semestrales.

5.4.3.1 Bahías de despacho

En las estaciones de despacho el mantenimiento se centra en los sellos de las mangueras y en los surtidores que son la pieza fundamental de estas parte de la planta, el mantenimiento se centra en revisiones de goteo, la cual consiste en revisar en periodos diarios, antes de empezar turno, por parte del operario las mangueras en su totalidad y reportar por medio de listas de chequeo el estado de los sellos y las mangueras. Los surtidores serán revisados en periodos trimestrales para limpieza y cambio de piezas desgastadas, realizado por personal externo de la planta.

Tabla 10 Actividades de mantenimiento en el área de Llenado

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
BOMBAS	Inspección visual y lista de chequeo	Diaria	Operador de bahía
	Revisión de sellos	Diaria	Operador de bahía
	Limpieza	Diaria	Operador de bahía
	Revisión de sedimentos en cabezales	Mensual	Personal de mantenimiento
	Revisión de conexiónado eléctrico	Mensual	Personal de mantenimiento
	Revisión de cojinetes	Trimestral	Personal de mantenimiento
	Pruebas y cambio de piezas	Anual	Personal externo de mantenimiento
LLAVES DE PASO	Revisión de fugas	Diaria	Personal de mantenimiento
	Limpieza	Trimestral	Personal de mantenimiento
	Revisión de stop	Semanal	Jefe de bodega

TUBERÍAS	Limpieza	Mensual	Personal de mantenimiento
MANÓMETROS	Revisión en bahía	Semanal	Personal de mantenimiento
	Revisión de stop	Semanal	Jefe de bodega
SCULLINS	Limpieza de bornes	Semanal	Operador de bahía
	Revisión de cableado	Semanal	Operador de bahía
	Medición de malla de puesta a tierra	Semestral	Personal externo de mantenimiento
BAHÍA DE DESPACHO	Revisión de sellos	Diaria	Operador de bahía
	Revisión de mangueras	Diaria	Operador de bahía
	Revisión de surtidores	Trimestral	Personal externo de mantenimiento

5.4.4 Área de calentamiento

En esta área de la planta encontramos básicamente la caldera de calentamiento de la bahía de tanques 8, el mantenimiento de esta unidad se da trimestral por parte del fabricante.

Tabla 11 Actividades de mantenimiento en el área de Calentamiento

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
CALDERA	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	Trimestral	Fabricante

5.4.5 Área de pesaje y despacho

En esta área se planifica un mantenimiento para el sistema de básculas, la actividad de mantenimiento consta de mediciones del sistema de tierras cada seis meses además de revisiones de los sistemas de pesajes y calibración de los mismos.

Tabla 12 Actividades de mantenimiento en el área de Despacho y pesaje

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
BASCULAS	Medidas de sistema de puesta a tierra	Semestral	Personal externo de mantenimiento
	Revisión de pesas	Semestral	Personal externo de mantenimiento
	Calibración	Semestral	Personal externo de mantenimiento

5.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE MANTENIMIENTO

Para la Vopak, se determinó; basándose en el tamaño de la misma y la forma del mantenimiento, que el personal requerido para el Departamento de Mantenimiento es de 03 mecánicos diurnos con sus ayudantes, 01 engrasador, 02 técnicos eléctricos o electrónico, 06 personas para limpieza general de la fábrica, 02 para el jardín y el patio. A continuación, en la figura 23, se presenta el organigrama propuesto del departamento de Mantenimiento de Vopak.

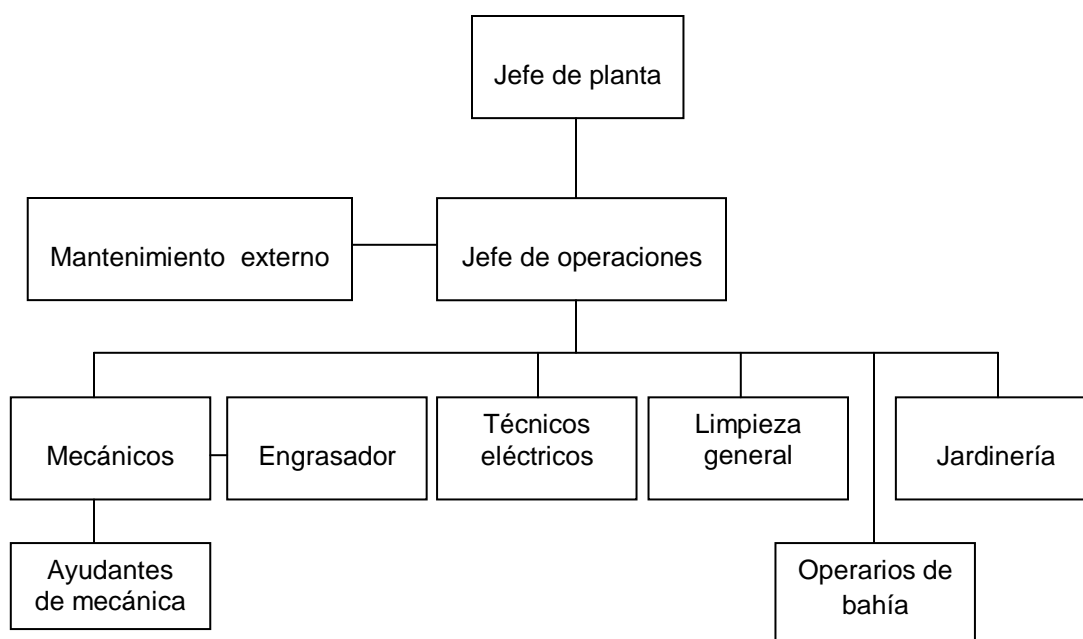


Figura. 23 Organigrama de mantenimiento

5.6 FICHAS DE CONTROL

Una ficha u hoja de control sirve para llevar información sobre la maquinaria o equipo de la empresas así como de los trabajos realizados en las mismas, dicha información interesa al departamento de mantenimiento para establecer si se

están cumpliendo con los objetivos trazados y en caso contrario determinar medidas correctivas.

En los anexos del presente trabajo se encuentran las fichas de recolección de datos (listas de chequeo), además de los formatos para las hojas de vida de cada uno de los equipos y los formatos para el control de las actividades y trabajos de mantenimiento al interior de las instalaciones de Vopak.

5.6.1 Para un equipo

Es una ficha que lleva un resumen de datos técnicos que interesen del equipo; dichos datos consisten en: nombre de la empresa, nombre de la maquinaria o equipo, localización, código o registro, área, serie, modelo, motor, potencia, número de rpm, lubricante, cantidad de lubricante, etc.

5.6.2 Para una orden de trabajo

Esta ficha está diseñada para suministrar información necesaria para programar el mantenimiento, contiene información sobre el solicitante, departamento, área, equipo a reparar, urgencia, descripción del trabajo solicitado y realizado, etc.

Además, al concluir el trabajo, provee de información sobre los materiales y mano de obra utilizados, así como también la incidencia que tiene el trabajo efectuado sobre la producción y aspectos importantes concernientes a la reparación realizada.

5.6.3 Para una inspección

Teniendo en cuenta la importancia de las inspecciones o visitas en un programa de mantenimiento preventivo, la ficha de control para una inspección debe ser diseñada basándose en la maquinaria existente y de acuerdo a las especificaciones del proveedor para hacer más efectiva y al mismo tiempo facilitar la tarea del inspector de mantenimiento.

La ficha u hoja para una inspección debe contener los puntos más importantes que se deben revisar en una maquinaria o equipo.

5.6.4 Para un control de órdenes de trabajo

Esta ficha sirve para anotar las órdenes de trabajo que se reciben en el departamento de Mantenimiento con el propósito de programar el mismo, según prioridades y al mismo tiempo verificar que se realicen todas las órdenes recibidas

y el tiempo utilizado para realizar dicha orden, ya que con esto se puede reasignar de una manera más eficientemente las tareas al personal de mantenimiento.

5.6.5 Para un historial del equipo

La ficha de control para el historial de un equipo, es básicamente la biografía del mismo, acá se anotan todos los problemas y las reparaciones que se le han hecho al equipo o maquinaria, desde el momento de su instalación. Además de asentar las reparaciones realizadas, se debe anotar las modificaciones o mejoras en el diseño original de la maquina o equipo.

Esta ficha proporcionada información acerca de la fecha y tipo de reparación efectuada, cantidad y tipo de repuestos usados, tiempo utilizado para la reparación, etc.

5.7 SEGUIMIENTO

Para el seguimiento del programa de mantenimiento propuesto se deben hacer revisiones periódicas del mismo basándose en los resultados de las técnicas de control las cuales pueden ser encuestas, entrevistas, supervisión directa y pruebas, entre otras.

Las encuestas consisten en una serie de preguntas relacionadas al desempeño de una maquinaria o equipo:

- Nombre del operador
- Fecha de realización de la encuesta
- Ubicación de la maquinaria o equipo reparado
- Nombre de quien hizo la reparación
- Tiempo empleado en hacer la reparación
- Que reparación hizo en la maquinaria o equipo
- Observaciones

La técnica de supervisión directa es un buen método de evaluar el desempeño y consiste en supervisar una reparación en particular y verificar la forma de realizar la misma por parte del personal de mantenimiento.

Otra técnica de control son las pruebas y se refiere a hacer una especie de prueba piloto en cualquier maquinaria y determinar si la forma en que se realiza esta dentro de los parámetros del presente documento.

Una vez implementado el programa de mantenimiento propuesto debe ser controlado periódicamente por parte de la Gerencia General y además comprobar en qué proporción se está alcanzando los objetivos para los cuales ha sido establecido.

Es aconsejable que se realice un seguimiento constante, es decir que una de las técnicas de control debe realizarse cada dos o tres meses, para que así se pueda llevar una valoración numérica de un año completo, es decir tener el total de reparaciones realizadas, determinando con esto la eficiencia con que se está haciendo el mantenimiento preventivo.

Para la Gerencia de General, se considera conveniente la distribución inicial de ejemplares al departamento de Mantenimiento, departamento de Producción, Jefes de turno, personal de mantenimiento de turno.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

Dentro del estudio valorativo realizado en las instalaciones de los terminales de Vopak Colombia podemos concluir lo siguiente.

- El estado actual del aislamiento de los motores de los terminales es en términos generales buenos, siempre y cuando se tomen las medidas correctivas con respecto a los motores que presentan bajos niveles de aislamiento.
- Realizar los seguimientos a los motores de los terminales llevando un cronograma de revisiones, ayuda grandemente a los mantenimientos periódicos que puedan necesitar los motores, ayudando de esta manera a programar las paradas en las plantas evitando quedar fuera de servicio en un momento inesperado.
- Realizar las correcciones requeridas en los sistemas de adecuaciones de sitio de los motores ayudara a evitar que el aislamiento de los motores siga en descenso
- Se debe considerar por parte de las directivas de los terminales adquirir sistemas de resistencias estatoricas para realizar el calentamiento de los bobinados de los motores y evitar de esta manera que la permanencia de la maquina en reposo se llene de humedad.
- De igual forma el correcto aterramiento de los motores y bases de estos ayuda a evitar problemas eléctricos futuros.

De una manera general se podría concluir que el sistema de aislamiento de Vopak Colombia cumple con los estándares exigidos siempre y cuando se corrijan los problemas menores encontrados en los motores, lo que se debe modificar, y no esta en reglamento, son los lugares de posicionamiento de los motores ya que estos no están diseñados para las características a las cuales están siendo utilizadas.


BIBLIOGRAFÍA

- [1] Análisis por Zonas de Falla Noah P. Bethel PdMA Corporation 5909C Hampton Oaks Pkwy. Tampa, FL 33610
- [2] Caracterización del envejecimiento de los aislantes en maquinas rotativas de baja tensión. MARTA ARGÄUESO MONTERO
- [3] Evaluación del estado del aislamiento en bobinados de máquinas eléctricas rotativas, Luis Odriozola Arteaga Doctor Ingeniero del ICAI (1963).
- [4] F. Martinez Dominguez, Reparacion y bobinado de motores electricos, 2001
- [5] Favio Casas Ospina “Tierras soporte de la seguridad eléctrica” Agosto de 2009.
- [6] Fragmento de la Universidad Nacional de Río Cuarto, INSTITUTO DE PROTECCIONES DESISTEMAS ELÉCTRICOS DEPOTENCIA
- [7] G.C. Stone, E.A. Boulter, I. Culbert, and H. Dhirani, Electrical Insulation for Rotating Machines, John Wiley and Sons Inc., 2004.
- [8] IEEE 43-2000. “ IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery” .
- [9] IEEE 522-1992. “ Guide for Testing Turn-to-Turn Insulation on Form Wound Stator Coils for Alternating Current Rotating Electrical Machines” .
- [10] IEEE Trial-use guide to the measurement of partial discharges in rotatingmachinery", Tech. Rep., IEEE, Agosto 2000.
- [11] Mantenimiento predictivo de máquinas rotativas de potencia. Ensayos de campo. Andrés Tabernero García Director Hardware de Proyectos Unitronics, S.A.
- [12] Mantenimiento predictivo en los devanados de las máquinas eléctricas rotativas de alta tensión”. Rev. Mantenimiento. Nov. 1998. Salvador Carreras.
- [13] Megger Company. “Guide to diagnostic insulation testing above 1kV”. Disponible en www.megger.com, consultada el 18 de septiembre de 2011.


- [14] Meza Yela, Ramón Rafael. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la industria de fibro-cemento. Tesis de ingeniero mecánico industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos. Facultad de Ingeniería. 1980.
- [15] Ministerio de minas y energía de Colombia “Norma técnica colombiana 2050”.
- [16] NEMA. “Std MG-1: Motors & Generators”. NEMA Press, Washington D.C., 1987.
- [17] Pruebas de aislamiento de CD versus CA en máquinas eléctricas rotativas, Oscar Núñez Mata, MBA. Ingeniero Electricista Consultor en Máquinas Eléctricas.
- [18] Stone, G., Boulter E., Culbert I., Dhiran, H. “Electrical insulation for rotating machinery- Design, Evaluation, aging, testing and repair”. Wiley IEEE Press, New York, 2004.
- [19] Técnicas de diagnóstico y mantenimiento de un motor de inducción. MANUEL PÉREZ HINOJOSA, PABLO GARCIA PRIETO
- [20] Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas” . ABB Service, S.A. Marcombo. Manés Fernández Cabanas y otros. (1998).
- [21] UNE-EN 60034-15. “Máquinas eléctricas rotativas. Parte 15: Niveles de tensión soportada con impulso de las máquinas rotativas de corriente alterna con bobinas de estátor preformadas”.
- [22] Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería Eléctrica - Maestría en Sistemas de Generación. Ing. Juan Carlos Toro Londoño, capítulo 6
- [23] Walter Reynaldo Fabián Grijalva diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble. Tesis de grado de ingeniero mecánico 2003.

ANEXOS

FICHA DE CONTROL PARA UN EQUIPO


	HOJA DE CONTROL PARA UN EQUIPO	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
NUMERO DE REGISTRO:		
NOMBRE DEL EQUIPO:		
LOCALIZACION:		
AREA O DEPARTAMENTO:		
MARCA:		
SERIE:		
MODELO:		
MOTOR:		
POTENCIA:		
VOLTAJE:		
RPM:		
LUBRICANTE:		
CANTIDAD DE LUBRICANTE		
FECHA DE INSTALACION:		
OBSERVACIONES:		

FICHA DE CONTROL PARA UNA ORDEN DE TRABAJO


	HOJA DE ORDEN DE TRABAJO	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
FECHA:		NUMERO DE ORDEN:
Solicitante:		Área o departamento:
Nombre del equipo:		RUTINA <input type="checkbox"/> URGENTE <input type="checkbox"/>
TRABAJO SOLICITADO:		
Hora de inicio:	Fecha:	Tiempo asignado: hrs.
		Tiempo utilizado: hrs.
TRABAJO REALIZADO:		
REPUESTOS UTILIZADOS:		
Trabajo realizado por:		Ayudante:
HUBO PARO DEL EQUIPO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
REVISADO Y APROBADO POR:		
OBSERVACIONES:		

--


FICHA DE CONTROL PARA ÓRDENES DE TRABAJO

		HOJA PARA CONTROL DE ORDENES DE TRABAJO		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
<p align="center">EN PROCESO A LA FECHA:</p>				
Nº orden	Fecha de orden	Fecha inicio	Fecha terminado	DESCRIPCION
OBSERVACIONES:				

FICHA DE CONTROL CON REPORTE DE ACTIVIDADES

		HOJA DE REPORTES DE ACTIVIDADES SEMANALES		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
SEMANA DEL DE AL DE DE 2012					
Nombre del trabajador:				Puesto:	
FECHA	Nº ORDEN	TRABAJO REALIZADO	TIEMPO ASIGNADO	TIEMPO REAL	OBSERVACIONES
PERMISOS: F = Falto P = Personal I = IGSS E=Enfermedad S = Sindical		OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>			

FICHA DE CONTROL PARA UN HISTORIAL DEL EQUIPO

		HOJA DE HISTORIAL DE UN EQUIPO		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
NOMBRE DEL EQUIPO:				NUMERO DE REGISTRO:		
LOCALIZACION:			AREA O DEPARTAMENTO:			
FECHA	Nº ORDEN	DESCRIPCION DE LA REPARACION EFECTUADA	REPUESTOS UTILIZADOS			TIEMP O UTILIZ ADO
			CANTIDAD	NOMBRE	CODIGO	
OBSERVACIONES:						

FORMATO DE MEDIDAS DE AISLAMIENTO ELECTRICO EN MOTORES

Dentro de la siguiente tabla se pueden encontrar los nombres y ubicación de cada uno de los motores sometidos a prueba al interior de la planta.

Tabla 13 Designación de motores

ETIQUETA	NOMBRES
BDB2	BOMBA 2 DEL DESCARGADERO 7
B895	BOMBA 95 DE LA CASETA DE BOMBAS 800
B894	BOMBA 94 DE LA CASETA DE BOMBAS 800
B877	BOMBA 77 DE LA CASETA DE BOMBAS 800
B899	BOMBA 99 DE LA CASETA DE BOMBAS 800
B888	BOMBA 88 DE LA CASETA DE BOMBAS 800
B877	BOMBA 77 DE LA CASETA DE BOMBAS 800
BD54	BOMBA 54 DESCARGADERO B100
BD50	BOMBA 50 GASOLINA DESCARGADERO B100
BLL0	BOMBA LLENADERO 4 ADITIVO BIODISEL
C452	BOMBA 52 CASA DE BOMBAS 4
CB53	BOMBA 53 CASA DE BOMBAS 4
T701	BOMBA 21 LLENADO TANQUE 701
B127	BOMBA 27 CASETA DE BOMBAS 1
B124	BOMBA 24 CASETA DE BOMBAS 1
BE12	BOMBA 12 DESCARGADOR DE ETANOL
BM01	BOMBA MUELLE
BE02	BOMBA ETANOL LLENADERO 1 BOMBA 1
BE35	BOMBA 35 CASETA DE BOMBAS 600
BE29	BOMBA 29 CASETA DE BOMBAS 600
BE32	BOMBA 32 CASETA DE BOMBAS 600
C454	BOMBA 54 CASA DE BOMBAS 4
C4AC	BOMBA ACPM
BP48	BOMBA PORTATIL
B602	BOMBA 26 LLENADO TANQUE 602
BE02	BOMBA ETANOL LLENADERO 1 BOMBA 2



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	BDB2
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	15HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	152M Ω
IP	2.43
DAR	0.8

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	523V
CORRIENTE PRUEBA:	3,43 μ A
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables de resistencia de aislamiento, al igual que buenos valores de índice de polaridad, pero si notamos su índice de adsorción es bajo, por el poco uso que se da al equipo lo que ocasiona que se alojen pequeñas muestras de humedad en su interior.

De acuerdo a lo estudiado en campo el equipo es relativa mente nuevo por lo que se determina solo realizarle chequeos periódicos para evitar el deterioro el equipo.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	B895
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	15HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	3,44GΩ
IP	1,45
DAR	1,2

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	152nA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores buenos de aislamiento y se podría decir que es un motor en perfectas condiciones de aislamiento, se recomienda hacerle seguimientos periódicos para mantener el motor en perfectas condiciones.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	B894
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	15HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	3,64GΩ
IP	1,63
DAR	1,1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	142nA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores buenos de aislamiento y se podría decir que es un motor en perfectas condiciones de aislamiento, se recomienda hacerle seguimientos periódicos para mantener el motor en perfectas condiciones.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	B877
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	15HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	291M Ω
IP	0,85
DAR	1,1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	1,80 μ A
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables en su resistencia de aislamiento, pero por las medidas de adsorción y polaridad podemos deducir que existen rastros de humedad y contaminación, en la visita de sitio se pudo denotar que es un motor que se encuentra en parada continua por mantenimiento en planta, esta puede ser una de las causales de estas medidas. se recomienda realizarle calefacción y limpieza a los bobinados del motor al igual que arrancarlo en vacio para que el mismo elimine la humedad y así evitar que este factor deteriore completamente el bobinado de la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	B899
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	20HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	40MΩ
IP	0,98
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	13,1μA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables en su resistencia de aislamiento, pero por las medidas de adsorción y polaridad podemos deducir que existen rastros de humedad y contaminación, en la visita de sitio se pudo denotar que es un motor que se encuentra en parada continua por mantenimiento en planta, esta puede ser una de las causales de estas medidas. se recomienda realizarle calefacción y limpieza a los bobinados del motor al igual que arrancarlo en vacio para que el mismo elimine la humedad y así evitar que este factor deteriore completamente el bobinado de la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	B888
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	20HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	54,7MΩ
IP	0,96
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	9,56μA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables en su resistencia de aislamiento, pero por las medidas de adsorción y polaridad podemos deducir que existen rastros de humedad y contaminación, en la visita de sitio se pudo denotar que es un motor que se encuentra en parada continua por mantenimiento en planta, esta puede ser una de las causales de estas medidas. se recomienda realizarle calefacción y limpieza a los bobinados del motor al igual que arrancarlo en vacio para que el mismo elimine la humedad y así evitar que este factor deteriore completamente el bobinado de la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	B888
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	20HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	54,4MΩ
IP	1,11
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	522V
CORRIENTE PRUEBA:	9,44μA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables en su resistencia de aislamiento, pero por las medidas de adsorción y polaridad podemos deducir que existen rastros de humedad y contaminación, en la visita de sitio se pudo denotar que es un motor que se encuentra en parada continua por mantenimiento en planta, esta puede ser una de las causales de estas medidas. se recomienda realizarle calefacción y limpieza a los bobinados del motor al igual que arrancarlo en vacio para que el mismo elimine la humedad y así evitar que este factor deteriore completamente el bobinado de la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	BD54
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	10HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	54,0MΩ
IP	1,11
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	522V
CORRIENTE PRUEBA:	9,68μA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables en su resistencia de aislamiento, pero por las medidas de adsorción y polaridad podemos deducir que existen rastros de humedad y contaminación, en la visita de sitio se pudo denotar que es un motor que se encuentra en parada continua por mantenimiento en planta, esta puede ser una de las causales de estas medidas. se recomienda realizarle calefacción y limpieza a los bobinados del motor al igual que arrancarlo en vacio para que el mismo elimine la humedad y así evitar que este factor deteriore completamente el bobinado de la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	BD50
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	10HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	5,08GΩ
IP	N/A
DAR	N/A

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	103nA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores excelentes en su resistencia por lo tanto aplicar una prueba de polarización y adsorción es innecesario.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	HIDROMAC	ETIQUETA:	BLLO
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	1/2HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	336K Ω
IP	2,1
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	24V
CORRIENTE PRUEBA:	1,50mA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores muy baja resistividad, el valor de polarizacion nos da un valor bastante alta lo que puede indicar que por exeso de calentamiento el aislamiento del debanaado se puede estar cristalizando lo que hace que su polarizacion sea alta, lo que no quiere decir que este en optimas condiciones de trabajo. para este motor se recomienda, por su baja potencia, retirarlo e instalar un motor nuevo.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	C452
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	15HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	925MΩ
IP	1,03
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	566nA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores aceptables de resistencia se podría decir que si no se tienen las medidas necesarias para mantener la tendencia se podría llegar al punto de perder por completo el aislamiento de la maquina, se recomienda a demás tener mucho cuidado con la humedad que se presenta alrededor de la ubicación del motor ya que al presentarse represamiento de aguas en esa zona se propensa mucho al ingreso de humedad en la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	C453
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	10HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	8,96GΩ
IP	N/A
DAR	N/A

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	58,6nA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta excelentes valores de resistencia lo que indique que la maquina esta en optimas condiciones de trabajo, se recomienda no descuidar el motor en su condición de trabajo.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	C454
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	10HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	164MΩ
IP	1,63
DAR	1,2

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	3,19mA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores de aislamiento aceptables, que con un descuido y un mal manejo de la maquina podrían ocasionar la perdida total del aislamiento, se recomienda realizar calefacción en los bobinados del motor y tratar de mantener condiciones optimas para el buen funcionamiento de la maquina.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	C4AC
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	10HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	16,7MΩ
IP	1,21
DAR	1

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	33,1μA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores de aislamiento bajos, pero se puede tener en mantenimiento con un mantenimiento preventivo, se recomienda el cuidado con la humedad y la contaminación del lugar.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	SIEMENS	ETIQUETA:	T701
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	10HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	22,9GΩ
IP	N/A
DAR	N/A

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	33,1μA
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores de aislamiento excelentes, se recomienda el cuidado con la carcasa de la maquina ya que por las condiciones a las que esta expuesta a sufrido mucho deterioro.



MEDIDAS DE AISLAMIENTO



EVALUACION GENERAL DEL MOTOR

MARCA:	US MOTORS	ETIQUETA:	BM01
VOLTAJE:	440		
POTENCIA:	250HP		
RPM	1740		

EVALUACION ELECTRICA DEL ESTATOR

R (AISLAMIENTO)	17,5M Ω
IP	1,36
DAR	1,2

CONDICIONES DE PRUEBA

VOLTAJE DE PRUEBA:	524V
CORRIENTE PRUEBA:	33,1 μ A
TIEMPO DE PRUEBA:	10min

COMENTARIO DESCRIPTIVO

De acuerdo a los resultados arrojados mediante las pruebas eléctricas realizadas al equipo se le puede determinar lo siguiente: el equipo presenta valores de aislamiento aceptables , a pesar de las condiciones a las que esta expuesta, cabe destacar que es una de las pocas bombas que esta diseñada para este ambiente tan severo.